



**Ernane Rosa Martins  
(Organizador)**

# **Princípios e Aplicações da Computação no Brasil 3**

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

Ernane Rosa Martins  
(Organizador)

# Princípios e Aplicações da Computação no Brasil 3

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Lorena Prestes  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
P957	<p>Princípios e aplicações da computação no Brasil 3 [recurso eletrônico] / Organizador Ernane Rosa Martins. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Princípios e aplicações da computação no Brasil; v. 3)</p> <p>Formato: PDF Requisito de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-702-4 DOI 10.22533/at.ed.024191510</p> <p>1. Computação. 2. Informática. 3. Programação de computador. I. Martins, Ernane Rosa. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 004</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

O volume 3 da referida obra “Princípios e Aplicações da Computação no Brasil” apresenta 15 novos capítulos, que abordam assuntos importantes sobre o panorama atual da computação no Brasil, tais como: desenvolvimento de aplicativos móveis, VoIP, modelagem computacional, simulação, recurso educacional aberto, projeto de banco de dados, mobile learning, robótica, avaliação automática de código-fonte e agrupamento difuso multivariado.

Deste modo, esta obra reúne debates e análises acerca de questões relevantes, tais como: desenvolvimento de uma aplicação móvel para realização de recargas, consultas e simulação de saldo na carteira de transporte público, usando o método Design Constructal para melhorar a configuração geométrica de um novo layout para TCSA com quatro dutos; análise dos benefícios da tecnologia VoIP como alternativa de baixo custo a um serviço de telefonia institucional gerenciado por minicomputadores Raspberry e adaptadores ATA; análise do comportamento mecânico de placas finas de materiais compósitos laminados reforçados por fibras submetidas a esforços de flexão, comparando-as com o de uma placa de aço, usando modelagem computacional utilizando o software Abaqus 2017 Student Version®; apresentação de uma arquitetura de sistemas de simulação para área de convergência; desenvolvimento de uma abordagem para auxiliar o docente na criação de atividades com REA's que quando executados pelos alunos gerem o registro de suas experiências; análise da gestão de recursos humanos na administração pública por meio de um projeto de banco de dados; análise dos recursos disponíveis no WhatsApp Messenger, que oferecem possibilidades de uso no ambiente escolar como recurso pedagógico que pode auxiliar o processo de ensino e aprendizagem; simulação de um agente robótico capaz de realizar busca e exploração visual num ambiente virtual; e o desenvolvimento de uma ferramenta de análise e avaliação automática de código-fonte como alternativa para a otimização do processo de ensino-aprendizagem de programação.

Nesse sentido, esta obra apresenta enorme potencial para contribuir com análises e discussões aprofundadas sobre assuntos relevantes da área da computação, podendo servir de referência para novas pesquisas e estudos nesta área. Agradecemos em especial aos autores dos capítulos apresentados, e desejamos aos leitores, inúmeras reflexões proveitosas sobre as temáticas abordadas nesta obra.

Ernane Rosa Martins

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
WALLET BUS - TECNOLOGIA E TRANSPORTE PÚBLICO	
Carlos Adriano Carneiro Pestana Juan Castro Ribeiro Leonardo Carlos Balbino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0241915101</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>16</b>
UM PROJETO CONSTRUCTAL DE TROCADORES DE CALOR SOLO-AR COMPOSTOS POR QUATRO DUTOS	
Ruth da Silva Brum Liércio André Isoldi Jairo Valões de Alencar Ramalho Luiz Alberto Oliveira Rocha Michel Kepes Rodrigues Elizaldo Domingues dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0241915102</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>30</b>
TELEFONIA DIGITAL DE BAIXO CUSTO COM VOIP E RASPBERRY: UM ESTUDO DE CASO NO IFPI CAMPUS ANGICAL DO PIAUÍ	
Francisco Alysson da Silva Sousa Matheus Lopes Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0241915103</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>40</b>
SIMULAÇÃO NUMÉRICA PARA ANÁLISE DE DEFLEXÕES E TENSÕES EM PLACAS FINAS DE AÇO E DE MATERIAI COMPÓSITOS SUBMETIDAS A ESFORÇOS DE FLEXÃO	
João Vítor de Azambuja Carvalho Daniel Helbig	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0241915104</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>49</b>
SIMULAÇÃO DE ÁREA DE CONVERGÊNCIA NUVEM-HPC	
Alessandro Kraemer	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0241915105</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>63</b>
RECREATE: RECOMENDAÇÃO DE REA'S POR MEIO DA DESCOBERTA DO ESTILO DE APRENDIZAGEM PELA EXPERIÊNCIA DO ESTUDANTE E EXPECTATIVA DO PROFESSOR	
Marco Antonio Colombo Da Silva Marilde Terezinha Prado Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0241915106</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>76</b>
PROJETO DE BANCO DE DADOS COM FOCO NA ALOCAÇÃO DEPARTAMENTAL DE SERVIDORES PÚBLICOS E SUAS ATRIBUIÇÕES FUNCIONAIS	
José Nazareno Alves Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0241915107</b>	

<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>87</b>
M-LEARNING ATRAVÉS DO WHATSAPP: UMA ANÁLISE DE RECURSOS	
<a href="#">Nilson Alves dos Santos</a> <a href="#">Mayara Kaynne Fragoso Cabral</a> <a href="#">Beatriz Francisco Coelho</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0241915108</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>98</b>
EXPLORAÇÃO E BUSCA VISUAL ROBÓTICA EM AMBIENTE SIMULADO	
<a href="#">Felipe Duque Belfort de Oliveira</a> <a href="#">Hansenclever de França Bassani</a> <a href="#">Aluizio Fausto Ribeiro Araujo</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0241915109</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>112</b>
ESTUDO SOBRE A ESPECTROSCOPIA NIR PARA DETECÇÃO DONÍVEL ALCOÓLICO NO SANGUE	
<a href="#">Luis Gustavo Longo da Silva</a> <a href="#">Cláudio Luis D'Elia Machado</a> <a href="#">Fabiano Sandrini Moraes</a> <a href="#">Rafael Galli</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.02419151010</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>125</b>
ESTUDO COMPUTACIONAL DO COEFICIENTE DE IMPACTO VERTICAL EM LONGARINAS DE PONTES RODOVIÁRIAS BRASILEIRAS	
<a href="#">Vinícius Heidtmann Avila</a> <a href="#">Mauro de Vasconcellos Real</a> <a href="#">Márcio Wrague Moura</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.02419151011</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>140</b>
DESENVOLVIMENTO DE UMA ABORDAGEM DE CLASSIFICAÇÃO DE TRAÇOS DE PERSONALIDADE DO BIG-FIVE VIA ANÁLISE DE TEXTOS EM PORTUGUÊS DO BRASIL	
<a href="#">Angelo Travizan Neto</a> <a href="#">Taís Borges Ferreira</a> <a href="#">Márcia Aparecida Fernandes</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.02419151012</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>148</b>
CODETEACHER: UMA FERRAMENTA PARA CORREÇÃO AUTOMÁTICA DE TRABALHOS ACADÊMICOS DE PROGRAMAÇÃO EM JAVA	
<a href="#">Francisco Alan de Oliveira Santos</a> <a href="#">Plácido Soares das Chagas Segundo</a> <a href="#">Mardoqueu Sousa Telvina</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.02419151013</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>158</b>
CLASSIFICAÇÃO DE TENDÊNCIAS POLÍTICAS EM NOTÍCIAS VIA MINERAÇÃO DE TEXTO E REDES NEURAIS SEM PESO	
<a href="#">Rafael Dutra Cavalcanti</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.02419151014</b>	

<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>169</b>
ANÁLISE DE DADOS DE EXPRESSÃO GÊNICA POR MEIO DE MÉTODOS DE AGRUPAMENTO DIFUSO MULTIVARIADO	
Bruno Almeida Pimentel	
Marcilio Carlos Pereira de Souto	
DOI 10.22533/at.ed.02419151015	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>182</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>183</b>

## WALLET BUS - TECNOLOGIA E TRANSPORTE PÚBLICO

### **Carlos Adriano Carneiro Pestana**

FACAM - Faculdade do Maranhão

São Luís - Maranhão

### **Juan Castro Ribeiro**

FACAM - Faculdade do Maranhão

São Luís - Maranhão

### **Leonardo Carlos Balbino**

FACAM - Faculdade do Maranhão

São Luís - Maranhão

**RESUMO:** Este trabalho aborda a usabilidade de um aplicativo de realização de recargas e consulta de saldos na carteira estudantil para dispositivos móveis, a fim de solucionar a grande demanda nos pontos de recargas de carteira estudantil e conseqüentemente gerar uma economia de tempo ao usuário. Isto implica em um aplicativo nativo e com interface simples e de fácil manuseio e adesão. O objeto de estudo serve como estratégia de melhoria da qualidade e eficácia do serviço prestado pelo transporte público, a fim de oferecer todas as funcionalidades no aplicativo móvel que atualmente são feitas em alguns pontos de recarga de carteira estudantil. Diante do resultado constatado através de estudos direcionados ao transporte público e pesquisas com usuários do serviço utilizando o formulário do Google, observou-se a relevância da adesão

do aplicativo, por conta da praticidade e conforto para os usuários do transporte público.

**PALAVRAS-CHAVE:** Carteira Estudantil, Transporte Público, Aplicativo Móvel.

### WALLET BUS - TECHNOLOGY AND PUBLIC TRANSPORT

**ABSTRACT:** his work addresses the usability of an application for performing recharges and querying balances in the student portfolio for mobile devices. In order to solve the great demand in the points of refills of student portfolio and consequently generate a saving of time to the user. This implies a native application with simple interface and easy handling and adhesion. The object of study serves as a strategy to improve the quality and effectiveness of the service provided by public transport, in order to offer all the functionalities in the mobile application that are currently made in some student recharge points. Based on results obtained through studies directed to public transportation and surveys with users of the service using the Google form, the relevance of the application's adherence was observed, due to the practicality and comfort for public transport users.

**KEYWORDS:** Student Portfolio, Public transportation, Mobile Application

## 1 | INTRODUÇÃO

O transporte público é um dos meios de locomoção mais utilizados atualmente pela população. De acordo com uma pesquisa realizada pela Secretaria Municipal de Trânsito e Transportes (ESTADO, 2017), são mais de 496.532 passagens contabilizadas por dia, 1.400 pontos de paradas de ônibus na capital e 171 linhas urbanas fazem parte do Sistema de Transporte Coletivo de São Luís.

Se observarmos nossas leis, podemos ver que nossos direitos vão além de segurança, saneamento básico e liberdade de expressão. Existem direitos que dão a oportunidade de lazer e diversão, sendo um deles o direito à carteira de estudante. Conforme determina o artigo 1º da Lei Municipal Nº 4305/2004, possuem direito a meia passagem os estudantes do ensino fundamental, médio, técnico, profissionalizante, de cursos pré-vestibulares, superior, educação de jovens e adultos, de faculdades teológicas e seminários maiores, que estejam devidamente matriculados e frequentando uma instituição de ensino com sede no Município de São Luís.

A Secretaria Municipal de Trânsito e Transportes – SMTT disponibiliza dois tipos de cartões no Sistema de Bilhetagem Eletrônica: Cartão Gratuidade, Cartão de Meia Passagem. Os Cartões de Meia Passagem são disponibilizados a estudantes, podendo serem recarregados somente na Central de Atendimento ao Estudante, nos postos da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) ou nos terminais de integração do São Cristóvão, Cohama/Vinhais, Cohab/Cohatrac, Praia Grande e Distrito Industrial, com atendimento de segunda a sexta-feira das 6:30 às 20:00 nos terminais, exceto no terminal do Distrito Industrial onde seu funcionamento é das 07:00 às 17:00 e nos postos da Universidade Federal do Maranhão e a Universidade Estadual do Maranhão que tem seu atendimento das 09:00 às 19:00.

Atualmente existem alguns problemas que precisam ser tratados como, por exemplo, os poucos locais de atendimento. Devido a isso, os usuários precisam se deslocar para um local de venda longe de sua casa e enfrentar filas enormes, em alguns casos perdendo muito tempo. Um dos grandes problemas também está em que o usuário precisa pagar uma passagem para se locomover até um ponto de recarga, ou seja, até um terminal para poder realizar sua recarga e consultar seu saldo, não podendo esquecer também que a maioria das vezes o usuário é impossibilitado em consultar seu saldo nos coletivos por conta das condições dos equipamentos que impedem a visualização do saldo, assim não satisfazendo o usuário.

“Ainda que em ritmo aquém do necessário, o setor de transporte público tem sabiamente incorporado novas tecnologias que ajudam na organização e integração da mobilidade urbana e que resultam em novos benefícios para os usuários do transporte coletivo” (Bertachini, 2017). Algumas dessas tecnologias são voltadas

principalmente para aplicações móveis e está em constante crescimento. Entre elas está o sistema de pagamento móvel pois o smartphone se tornou um companheiro perfeito para efetuar compras a qualquer hora e em qualquer lugar, impulsionando a inovação do cenário de pagamentos e eliminando a barreira entre os canais de vendas, permitindo que usuários façam check-outs com um único toque, seja em lojas, online ou via apps que possibilita realizar pagamentos de qualquer lugar (Mies, 2017), basta ter um cartão de crédito, débito ou pré-pago, um smartphone e uma conexão com internet. Isso possibilita economia de tempo e uma mobilidade maior aos indivíduos.

## 1.1 Problemática

Dentro do transporte público é existente a falta de benefícios tecnológicos voltado para os usuários devido ao grande crescimento das capitais e das cidades e ainda sendo alimentada pela falta de manutenção nos validadores e pelo sistema arcaico que propõe que para obtenção da recarga o usuário necessita se locomover até um ponto de recarga. Assim, os usuários do transporte público enfrentam grandes filas, perda de tempo, gastos desnecessários e prejuízos morais e físicos. Por outro lado, o uso da Internet vem se mostrando um dos principais meios de comunicação nos dias atuais. Sendo assim, seu uso deixou de ser algo para poucos e de luxo e passou a ser necessário na vida de todos. É visível a inexistência de tecnologias dentro do transporte público no que se refere principalmente a consulta de saldo e recargas de crédito.

## 1.2 Justificativa

Com base em análises realizadas através de pesquisas de campo, artigos e jornais, observou-se a ausência de ferramentas que se aplicam na realização online e simultânea de recargas e consultas de saldo, assim, prejudicando os usuários em razão das imensas filas (IMIRANTE, 2009). A Figura 1 mostra como o terminal da Cohama/Vinhais fica em horários conhecido como horários de pico.



Figura 1. Lotação no Terminal Cohama/Vinhais

Os terminais de São Luís foram projetados para determinado número de usuários e no decorrer do anos esse número aumentou consideravelmente, fazendo com que os terminais sofram por lotações e afetando inclusive os guichês de recarga (IMIRANTE, 2009). Em 2018, a Câmara Municipal de São Luís aprovou a ampliação dos horários para venda de passagem de ônibus (GUARÁ, 2018). Apesar da ampliação dos horários, os usuários ainda enfrentam filas por falta de um número maior de guichês de atendimento e pela ausência de ferramentas tecnológicas que possa facilitar as recargas. Na Tabela 1 podemos ver as mudanças de horário.

<b>HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO DOS TERMINAIS E POSTOS DE RECARGAS</b>			
<b>Até 2017</b>		<b>Lei nº 155/17</b>	
Terminal da Cohab	08h - 17h	06:30 - 20h	Terminal da Cohab
Terminal da Cohama	08h - 17h	06:30 - 20h	Terminal da Cohama
Terminal da P. Grande	08h - 17h	06:30 - 20h	Terminal da P. Grande
Terminal do S. Cristóvão	08h - 17h	06:30 - 20h	Terminal do S. Cristóvão
Terminal do D. Industrial	08h - 17h	07h - 17h	Terminal do D. Industrial
Universidade Federal do Maranhão	08h - 17h	09h - 19h	Universidade Federal do Maranhão
Universidade Estadual do Maranhão	08h - 17h	09h - 19h	Universidade Estadual do Maranhão
Central do Estudante	08h - 17h	08h - 17h	Central do Estudante
Sindicato das Empresas de Transporte de passageiros de São Luís	08h - 17h	08h - 17h	Sindicato das Empresas de Transporte de passageiros de São Luís

Tabela 1. Horário dos terminais e postos

### 1.3 Objetivos Gerais

Desenvolver uma aplicação móvel para realização de recargas, consultas e simulação de saldo na carteira de transporte público.

### 1.4 Objetivos Específicos

1. Realizar uma análise sobre as dificuldades enfrentadas por usuários do transporte público;
2. Criar uma aplicação para dispositivos móveis que facilite a gestão dos cartões de transporte público pelos seus usuários;
3. Solucionar o problema das grandes filas nos postos de recargas enfrentada pela população utilitária do transporte público;
4. Incluir novas metodologias de recargas, consultas de saldo e gerenciamento dos cartões de transporte.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Visto que o transporte público possui um grande número de usuários e sendo que uma grande parcela é composta por estudantes universitários e secundaristas, o

ponto de partida para a materialização do projeto foi a elaboração de uma pesquisa eletrônica, que contou com respostas de mais de 150 pessoas, na qual foi identificada uma grande demanda para recarga do cartão de passagem, gerando extensas filas e ocasionado possíveis atrasos. Segundo o jornal O Estado (2017) usuários do sistema de transporte da capital enfrentam enormes filas e reclamam do número pequeno de posto em São Luís.

Essa pesquisa teve como objetivo principal identificar possíveis usuários e observou-se que 77,1% utiliza Carteira de Estudante e 9,5% Vale Transporte. Houve a preocupação se o projeto atenderia a necessidades dos usuários, com isso foi necessário identificar se os mesmos possuem os meios necessários para utilização dessa ferramenta, que é ter acesso a um smartphone com o sistema operacional Android, com a pesquisa constatou que 84,9% usam esse sistema operacional. 54,7% responderam que possuem cartão de crédito ou débito e 93,9% responderam que alguém na sua casa possui. Também foi necessária realização de extensas pesquisas sobre funcionamento do transporte público e o funcionamento da recarga, a fim de identificar os meios cabíveis para a implantação do sistema englobando a parte burocrática e técnica. Tendo como alvo da pesquisa artigos sobre a recarga, quais tecnologias utilizadas e como funcionam os validadores embarcados. Para o desenvolvimento da aplicação foram realizados estudos da documentação do Android, curso de desenvolvimento e material design, o ambiente de programação foi o Android Studio.

### 3 | TRABALHOS RELACIONADOS

	Wallet Bus	Recarga Embarcada	SBE	Libecar	Kim Recarga	SPTRANS
Aplicativo Android	✓				✓	✓
Aplicativo iOS					✓	✓
Recarga em Site			✓	✓	✓	
Recarrega somente Vale Transporte		✓				
Consulta saldo	✓			✓		
Histórico de recarga	✓					
Recarregar com cartão de crédito e débito	✓			✓	✓	✓
Recarrega com boleto	✓		✓	✓	✓	✓
Abrange São Luís	✓	✓	✓			

Tabela 2. Horário dos terminais e postos

### 4 | METODOLOGIA

Com vários questionamentos, é possível propor uma ou mais soluções para um referido problema. Métodos científicos são as formas mais seguras inventada pelo homem para controlar o movimento das coisas que cerceiam um fato e montar formas de compreensão adequadas de fenômenos (BUNGE, 1974).

Após a idealização do projeto mediante pesquisas realizadas para identificação das problemáticas no transporte público, deu-se início à primeira etapa do projeto onde iniciou com o levantamento de requisitos e a validação. A validação se deu por meio de um questionário feito no Google *Forms*, e divulgado através das redes sociais e aplicativos de mensagem.

Já o levantamento de requisitos se deu por meio de pesquisas de campo e análise da equipe, com base nos resultados obtidos na fase de validação. Onde, no intuito da facilidade do acesso, idealizou um aplicativo móvel, cujo o seu requisito básico para o funcionamento é a conectividade com à internet.

Posteriormente já com a idealização e levantamento de requisitos o projeto se deu nas seguintes etapas:

1. Levantamento Bibliográfico: Com o foco do Trabalho estabelecido, foi efetuado

um levantamento amplo dos recursos bibliográfico disponíveis para elaboração e fundamentação do conteúdo do projeto;

2. Definição de ferramentas: Com base no requisitos levantados foram escolhidas algumas ferramentas para o desenvolvimento do projeto.

3. Modelagem do projeto: Esta etapa foi dividida em 3 partes:

- a. Desenho do layout do aplicativo com base nos requisitos;
- b. Desenho do layout do site instrucional;
- c. Modelagem do banco de dados.

4. Desenvolvimento do Projeto: O desenvolvimento do projeto foram divididos em 3 partes:

- a. Desenvolvimento do site instrucional;
- b. Desenvolvimento do aplicativo
- c. Criação da base de dados

5. Apresentação de protótipo.

## 5 | TRABALHO

Durante o desenvolvimento do projeto viu-se a necessidade de oferecer métodos de suporte ao usuário. Portanto foi idealizado a construção de um site informativo que inicialmente pode ser acesso pelo endereço eletrônico: walletbus.ga, onde os usuários possam procurar recorrentes dúvidas e entrar em contato com a equipe desenvolvedora.

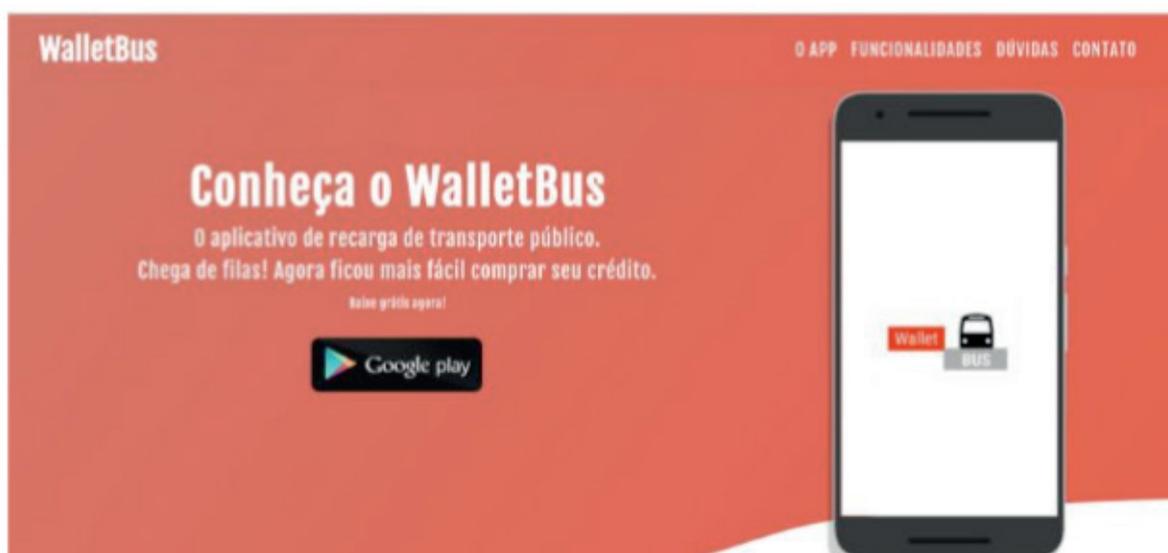


Figura 2. Página principal do site



Figura 3. Seção de funcionalidades

A Figura 3 mostra quais as funcionalidades que o aplicativo abrange, com isso permitindo que o usuário possa melhor entender todas as funcionalidades.

A Figura 4 trata-se da seção de perguntas frequentes já respondidas, com o intuito de minimizar o tempo de espera do usuário em obter a sua resposta, assim, permitindo que o mesmo possa solucionar a sua dúvida e utilizar o aplicativo com praticidade.



Figura 4. Seção de dúvidas

Na Figura 5 pode-se ver a última seção do site, onde possibilita que o usuário do aplicativo possa entrar em contato com a equipe desenvolvedora de forma rápida e eficiente, basta informar o nome, o email, telefone e por último a mensagem.

Precisa falar conosco? Entre em contato.

Nome:

Email:

Telefone:

Mensagem:

Figura 5. Seção de contato



Figura 6. Login



Figura 7. Cadastro

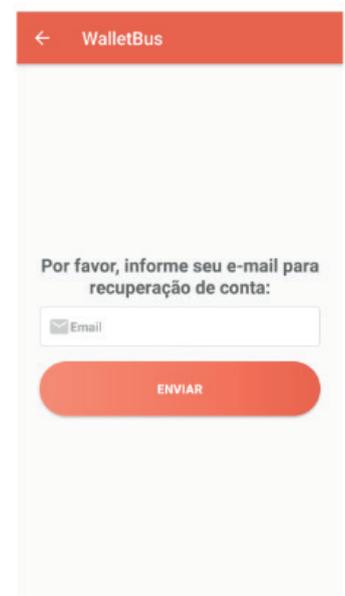


Figura 8. Recuperar senha

A Figura 6 representa a tela de login e é composta por campos obrigatórios que são os campos de email e senha, no campo senha o usuário tem a possibilidade de visualizar sua senha com o pequeno olho no lado direito do campo. No final da tela temos mais um link e dois botões, sendo eles o link de “Esqueci minha senha”, onde o usuário pode realizar a recuperação da senha, abaixo dela temos os botões de entrar e primeiro acesso, caso o usuário não seja cadastrado ele pode se cadastrar.

Na Figura 7 apresenta a tela de cadastro do usuário que poderá ser feito por todos que contém carteira de estudante e é obrigatório para o primeiro acesso. A tela de cadastro contém cinco campos e um botão. Todos os campos são de caráter obrigatórios, após todo o preenchimento é preciso confirmar o cadastro apertando o

botão de “cadastre-se”.

A tela de recuperar senha conforme a Figura 8 é para situações onde o usuário não consegue lembrar de sua senha. Por padrão para recuperar o acesso ao aplicativo o usuário terá que clicar no link esqueci minha senha conforme na Figura 6. Ele será redirecionado para uma nova tela onde terá que informar o e-mail cadastrado no sistema. Por fim, o usuário receberá um email com um link para alterar a sua senha. Como podemos ver na Figura 9 e na Figura 10:



Olá,

Clique neste link para redefinir a senha de login no app WalletBus com sua conta carlosadryanno@outlook.com.

[https://walletbus-16cf2.firebaseio.com/\\_/auth/action?mode=resetPassword&oobCode=t\\_tnhXiClhMH5yiBP70U-c49zsCISUtpXSRinw6JS0AAAFrd2MIVg&apiKey=AlzaSyC7AGhTK1oODTux8JjJ7iJUuvmVEkbp0I&lang=pt-BR](https://walletbus-16cf2.firebaseio.com/_/auth/action?mode=resetPassword&oobCode=t_tnhXiClhMH5yiBP70U-c49zsCISUtpXSRinw6JS0AAAFrd2MIVg&apiKey=AlzaSyC7AGhTK1oODTux8JjJ7iJUuvmVEkbp0I&lang=pt-BR)

Se você não solicitou a redefinição da sua senha, ignore este e-mail.

Obrigado,

Equipe do app WalletBus

Figura 9. Email para nova senha



←  <https://walletbus-16cf2.firebaseio.com> ⋮

---

## Redefinir sua senha

---

para **carlosadryanno@outlook.com**

Nova senha 

---

**SALVAR**

Figura 10. Mudar senha

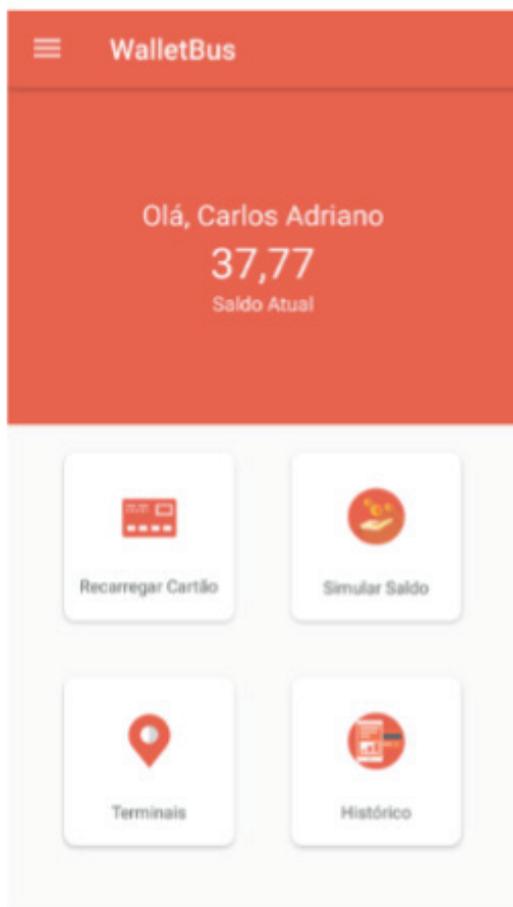


Figura 10. Menu principal

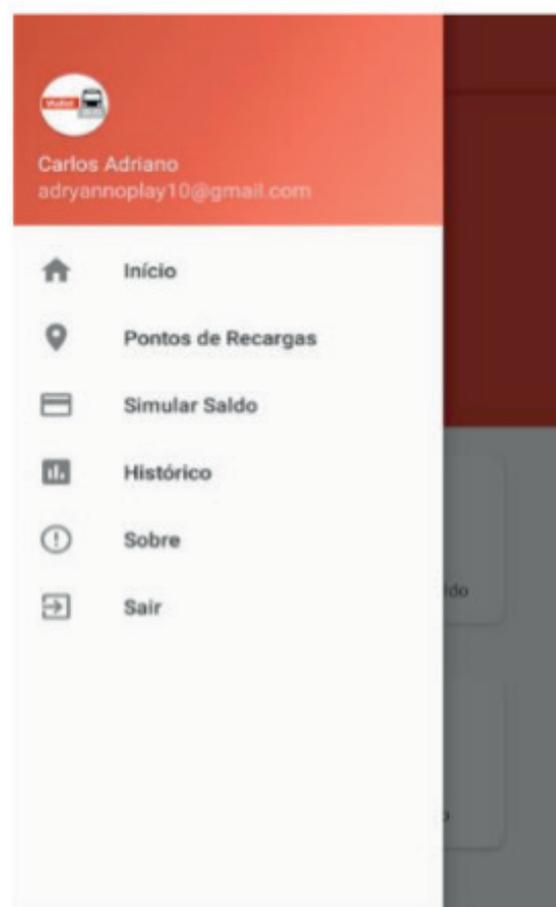


Figura 11. Menu lateral

O menu principal representada pela Figura 10 é onde o usuário terá maior interação. Na parte superior contém uma breve saudação com o nome do usuário, nome esse que foi cadastrado durante o primeiro acesso, logo abaixo é demonstrado o seu saldo atual, que vai variar conforme a sua utilização. A parte inferior é formada pelos botões de recarregar cartão, simular saldo, terminais e histórico e cada botão desse leva o usuário para uma nova área correspondente. Durante a pesquisa de campo e levantamento de requisito observou-se um grande desejo por parte dos entrevistados que o aplicativo oferecesse um fácil manuseio e que fosse interativo, por tais razões foi optado por um menu bem dividido e cognitivo

A Figura 11 apresenta o menu lateral que apresenta na parte superior um circunferência onde será preenchido pela imagem do usuário, imagem essa que foi gerada e impressa em sua carteira no intuito de manter a autenticidade, logo abaixo pode-se ver o email cadastrado. Na Figura 11 temos também a opção de sair do aplicativo e uma seção para saber mais sobre o aplicativo, tal como, contato e email da equipe desenvolvedora ou equipe responsável pela administração. As demais opções, como pontos de recargas, simular saldo e histórico são as mesmas opções do menu principal (Figura 10).

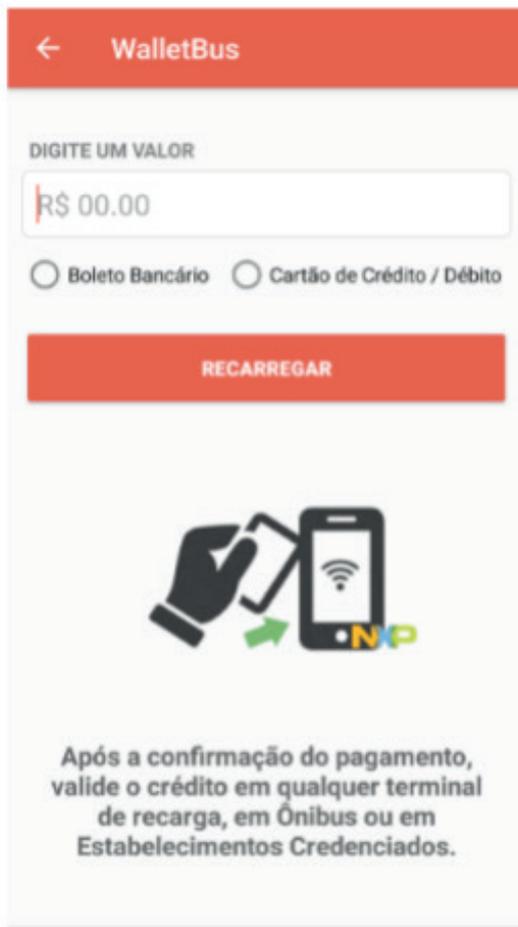


Figura 12. Recarga de Crédito

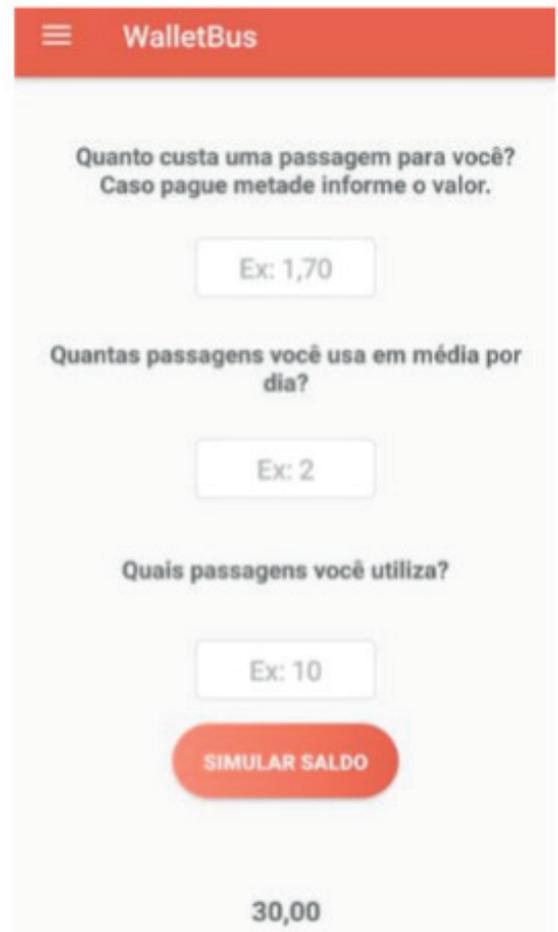


Figura 13. Simulador de Saldo

Na Figura 12 que se trata da tela onde o usuário poderá recarregar a sua carteira do transporte coletivo. Para realizar a recarga o aplicativo já identifica os dados do usuário, pois estes dados foram cadastrados no ato do primeiro acesso e para facilitar a recarga o aplicativo identifica todos os dados relevantes. Basta inserir o valor desejado e apontar qual opção será escolhida para efetuar o pagamento da tal recarga, se será via boleto bancário ou cartão de crédito/débito e clicar no botão de recarregar. Após todos os passos o usuário será redirecionado conforme a sua opção.

- Boleto Bancário: Será gerado um boleto com o valor inserido e ficará disponível para download. O crédito cairá na carteira em até três dias úteis após o pagamento do boleto, conforme suas política de operação.
- Cartão Crédito/Débito: O usuário será redirecionado para inserir os dados do cartão e por fim confirmar a recarga.

Na Figura 13 podemos observar a tela que possibilita que seja feita a simulação de saldo. De forma bem simples só é preciso ser informado quanto custa a passagem, pois pode ser meia ou inteira, inserir quantas passagens usa por dia e depois inserir quantos dias que ele quer calcular. Por fim após clicar no botão de simular saldo ele obterá o saldo logo abaixo. Vejamos um exemplo:

- Valor da Passagem: R\$ 1.70 (Meia passagem em São Luís-MA);
- Quantidade de passagem por dia: 2;
- Quantas passagens utilizo: 10;
- $2 \times R\$1.70 = R\$ 3.40 \times 10$
- Resultado da Simulação: Terei que colocar R\$ 34,00 para atender a demanda de 10 passagens, sendo que utiliza-se 2 passagens por dia.

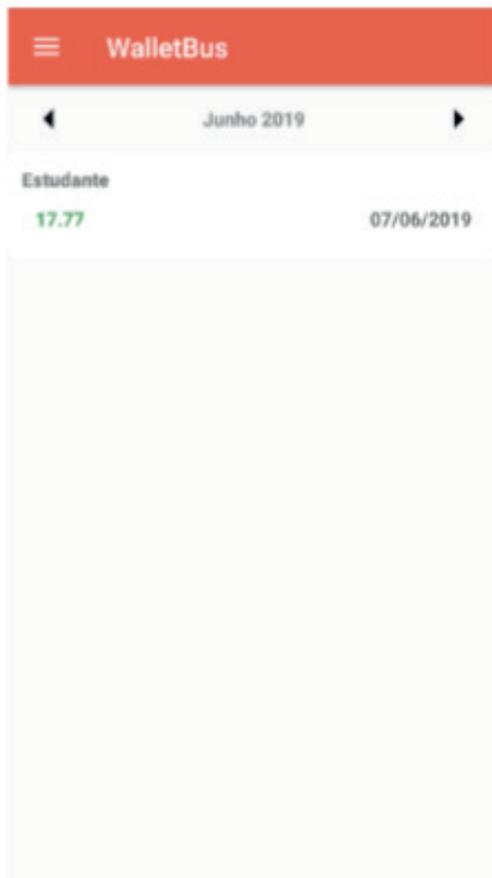


Figura 14. Histórico de recarga

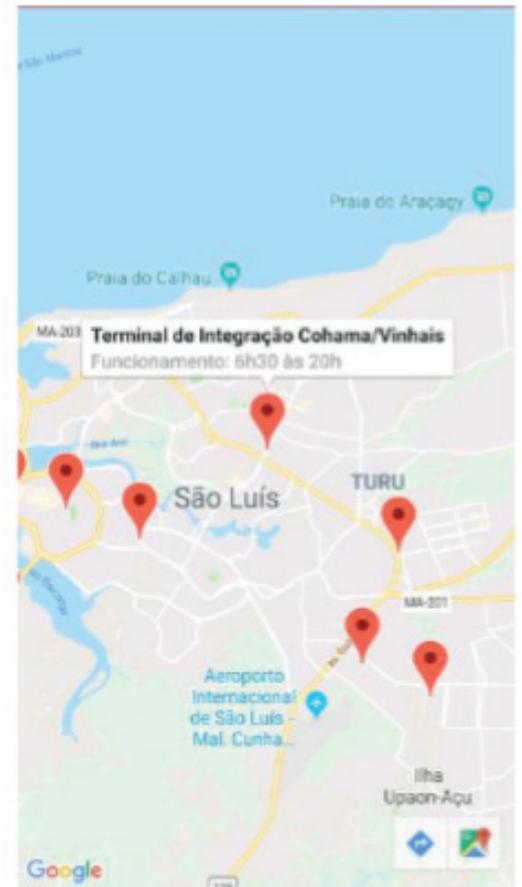


Figura 15. Pontos de Recarga

Uma função que se destacou também durante as etapas de requisitos e de desenvolvimento foi o histórico de recargas (Figura 14). O usuário terá no seu aplicativo todo o gasto referente a cada mês do ano, e cada gasto com a sua data referente.

Na Figura 15 tem a demonstração de um mapa com os pontos de todos os terminais e postos de recargas da cidade de São Luís, Maranhão. Para o usuário saber os horários de funcionamento basta clicar no ícone vermelho, conforme ilustra a Figura 15. Atualmente existem cinco terminais de integração oferecendo esse serviço de recarga e consulta e três postos, sendo um dentro da Universidade Federal do Maranhão, outro na Universidade Estadual do Maranhão e o terceiro localizado no bairro do Monte Castelo.

## 6 | CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente trabalho proporcionou uma análise de como um aplicativo para recarregar a carteira de transporte, consultar saldo e consultar histórico, pode melhorar e otimizar a realização de todas essas tarefas que atualmente só é realizada em um dos postos de recargas de forma presencial, cujo pagamento é somente em dinheiro.

Além disso, permitiu também a realização de uma pequena pesquisa sobre a utilização do transporte público, o que nos permitiu um desenvolvimento satisfatório por atender todas as expectativas dos entrevistados, além de identificar os atuais problemas enfrentados por todos os utilizadores do transporte público, problemas esses que causam atrasos, transtorno e desconforto.

Foi mostrado como o aplicativo Wallet Bus pode agir para facilitar a vida dos usuários do transporte público, permitindo realizar tudo o que hoje é feito somente nos postos de recargas e algumas outras funções que não são oferecidas pelo setor. Esta dinâmica tem por prioridade conduzir a otimização do serviço público e atender todas as necessidades, assim possibilitando uma utilização dos serviços de forma rápida, segura e sem filas.

## REFERÊNCIA

BERTACHINI, Amarílis. **Tecnologias no transporte Público**. Disponível em: <https://futuretransport.com.br/novas-tecnologias-para-o-transporte-publico/>  
Acesso em: 30 out. 2017

BUNGE, Mário. **Teoria e Realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974.

GUARA. **Câmara de São Luís aprova ampliação de horário para venda de passagens de ônibus**. São Luís, 08 julho 2018. Disponível em: <https://portalguara.com/camara-de-sao-luis-aprova-ampliacao-de-horario-para-venda-de-passagens-de-onibus/>. Acesso em: 7 mai. 2019.

IMIRANTE. **Usuários reclamam de superlotação do terminal da cohab**. São Luís, 30 maio 2009. Disponível em: <https://imirante.com/sao-luis/noticias/2009/05/30/usuarios-reclamam-de-superlotacao-do-terminal-da-cohab.shtml>. Acesso em: 2 abr. 2019.

MIES, Christian, Jean. **Sistema de Pagamento Móvel**. Disponível em: <https://www.ecommercebrasil.com.br/artigos/as-cinco-maiores-tendencias-de-pagamentos-e-o-impacto-que-elas-terao-em-2017/>. Acesso em: 30 out. 2017

O ESTADO. **Reclamações e filas nos locais de venda de passes escolares**. São Luís, 19 maio 2017. Disponível em: <https://imirante.com/oestadoma/noticias/2017/04/19/locais-de-compra-de-passe-escolar-ficam-lotados-e-viram-alvo-de-reclamacoes/>. Acesso em: 20 mai. 2019.

O ESTADO. **Aplicativo de ônibus não atende todos os usuários**. São Luís, 10 março 2017. Disponível em: <https://imirante.com/oestadoma/noticias/2017/03/10/aplicativo-de-onibus-nao-atende-todos-os-usuarios/>. Acesso em: 28 out. 2017.

SÃO LUÍS. **Lei nº 4305, de 4 de fevereiro de 2004**. Art 1º. São Luís, 17 mar. 2010. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/ma/s/sao-luis/lei-ordinaria/2004/431/4305/lei-ordinaria-n-4305-2004-define-o-beneficio-da-meia-passagem-escolar-nos-transportes-coletivos-por-onibus-tipo-regular-no-municipio-de-sao-luis-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 30 out. 2017.

## UM PROJETO CONSTRUCTAL DE TROCADORES DE CALOR SOLO-AR COMPOSTOS POR QUATRO DUTOS

### **Ruth da Silva Brum**

Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática  
Instituto de Física e Matemática, Campus Capão do Leão s/n, Pelotas, RS

### **Liércio André Isoldi**

Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional, Av. Itália, Km 8, Rio Grande, RS

### **Jairo Valões de Alencar Ramalho**

Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática  
Instituto de Física e Matemática, Campus Capão do Leão s/n, Pelotas, RS

### **Luiz Alberto Oliveira Rocha**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Av. Unisinos 950, 93022-750, Porto Alegre, RS

### **Michel Kepes Rodrigues**

Universidade Federal do Rio Grande  
Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional, Av. Itália, Km 8, Rio Grande, RS

### **Elizaldo Domingues dos Santos**

Universidade Federal do Rio Grande  
Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional, Av. Itália, Km 8, Rio Grande, RS

**RESUMO:** Trocadores de Calor Solo-Ar (TCSA) são uma forma ecológica de reduzir o uso de energia não renovável para condicionamento de ar. Eles aproveitam a inércia térmica do

solo, onde as temperaturas ficam defasadas em relação às da superfície, principalmente no verão e inverno. Para isso, utilizam-se dutos enterrados onde o ar ambiente é ventilado para trocar calor com o solo e depois entrar em um prédio com uma temperatura mais amena. Vários trabalhos da literatura focam no desempenho térmico de TCSA com apenas um duto. Sabe-se, por exemplo, que ele pode ser melhorado, até certo ponto, aumentando o tamanho dos dutos e/ou reduzindo seu diâmetro. Porém, para usar esses resultados, é preciso separar os dutos para evitar suas influências térmicas mútuas. Com uma abordagem diferente, este capítulo objetiva explorar novos layouts para construir TCSA com quatro dutos. Empregando o método Design Constructal, são estudados os espaçamentos entre os dutos, a fim de melhorar a transferência de calor entre o solo e o ar, aumentando o potencial térmico dos TCSA. Isso é feito variando a razão entre os espaços verticais e horizontais entre os dutos, respeitando restrições globais, e usando diversas simulações dos correspondentes campos de temperatura com um modelo computacional tridimensional validado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Design Constructal, Trocadores de Calor Solo-Ar (TCSA), Energias Renováveis, Condicionamento de Ar.

**ABSTRACT:** Earth-Air Heat Exchangers (EAHE) offer an environmental friendly way to reduce the use of nonrenewable energy for air conditioning by taking advantage of the thermal inertia of the ground, where the temperatures lag those on the surface, mainly in the summer and winter. They use buried ducts where the ambient air is blown, to exchange heat with the surrounding soil and enter a building at milder temperatures. Most works focus on the thermal performance of EAHE with one duct, and it is well known, for instance, that it can be improved to some extent by increasing the ducts size and/or reducing their diameter. However, to use these results, one needs to take the ducts far apart from each other, to avoid their mutual thermal influences. In a different approach, this chapter aims to explore new layouts to build EAHE with four ducts. Employing the constructal design method, this work presents the best spacings among the ducts in order to improve the heat transfer between soil and air, increasing the EAHE thermal potential. This is done varying the ratio between the vertical and horizontal spaces among the ducts, up to limiting global constraints, and using several simulations of the temperature fields in the ducts, with a verified and validated three-dimensional computational model.

**KEYWORDS:** Constructal design, Earth-air heat exchangers (EAHE), Renewable energy devices, Air conditioning.

## 1 | INTRODUÇÃO

A energia gasta com sistemas convencionais de ar condicionado em todo o mundo vem crescendo cada vez mais a cada ano. Isto ocorre em função de diferentes fatores, tais como projeto inadequado das construções, aumento da temperatura ambiente devido às mudanças climáticas, e até mesmo problemas causados pela densidade urbana (RODRIGUES; GILLOTT, 2015).

Entre as alternativas para ajudar a melhorar o conforto térmico a um baixo custo energético, este trabalho investiga os Trocadores de Calor Solo-Ar (TCSA), os quais exploram a inércia térmica da Terra na troca de calor com o ar circulante no interior de dutos enterrados. Assim, em um dia quente de verão, por exemplo, o ar nos dutos é resfriado depois de ter cedido parte do seu calor ao solo circundante. O inverso ocorre em um dia de inverno. Em ambos os casos, o ar sai dos dutos a uma temperatura mais amena.

Embora o conceito de dutos/tubulações subterrâneas seja conhecido há séculos (RODRIGUES; GILLOTT, 2015), o interesse por eles aumentou principalmente na última década. Por outro lado, pode-se encontrar relatórios de instalações em muitos países, como na Alemanha (PFAFFEROTT, 2003), na China (YANG ET AL., 2010) e, claro, no Brasil (VAZ ET AL., 2014), apenas para mencionar alguns. A este respeito,

há uma literatura crescente com o objetivo de estudar diferentes temas como: o desenvolvimento e validação de modelos completos ou simplificados para suas simulações, visando analisar seus parâmetros operacionais (BRUM ET AL., 2012; BRUM ET AL., 2013; PAEPE; JANSSENS, 2003).

Deve-se notar que a maioria dessas referências estuda TCSA compostos por apenas um duto, ou conjuntos de dutos afastados uns dos outros para evitar interferências térmicas mútuas. Um problema recentemente levantado por Rodrigues et al. (2015) foi como arranjar conjuntos de dois, três, ou mais dutos visando melhorar seu desempenho térmico. Algumas respostas foram obtidas usando o método Design Constructal (BEJAN; LORENTE, 2008). Em suma, a idéia é deixar as configurações de fluxo do sistema variar livremente, até atingir restrições volumétricas, na direção das principais correntes de fluxo, enquanto se observa a evolução de alguma função objetivo.

Para TCSA, a corrente é o calor que flui principalmente na direção transversal dos dutos para o solo. Quanto à função objetivo, este trabalho estuda o chamado potencial térmico, que é uma média das diferenças entre as temperaturas nas saídas e as entradas dos dutos.

Este capítulo objetiva usar o método Design Constructal para melhorar a configuração geométrica de um novo layout para TCSA com quatro dutos. Como feito por Rodrigues et al. (2015), consideramos que os dutos formam um prisma cuja forma pode variar dentro do solo (permitindo assim que a configuração do fluxo mude livremente), mas seu volume deve permanecer constante. Como é mostrado à frente, acabamos encontrando os melhores espaçamentos verticais e horizontais entre os dutos, a fim de melhorar o potencial térmico dos TCSA. Finalmente, é importante mencionar que este trabalho também apresenta novos modelos para o potencial térmico, permitindo simplificar as análises de conjuntos de TCSA, bem como estabelecer resultados para o seu desempenho energético.

## 2 | METODOLOGIA

Em relação à geometria, o solo está contido em um domínio tridimensional  $\Omega$  consistindo de um paralelepípedo cujo comprimento, altura e largura são, respectivamente,  $L_s=26\text{m}$ ,  $H_s=15\text{m}$  e  $W_s=10\text{m}$ . Os TCSA são compostos por quatro dutos tomando a forma de cilindros circulares retos com comprimento  $L_e=L_s$  e diâmetro  $D_e=0,11\text{m}$ . A Fig.1 mostra uma visão bidimensional dos quatro dutos sobre o plano xz.

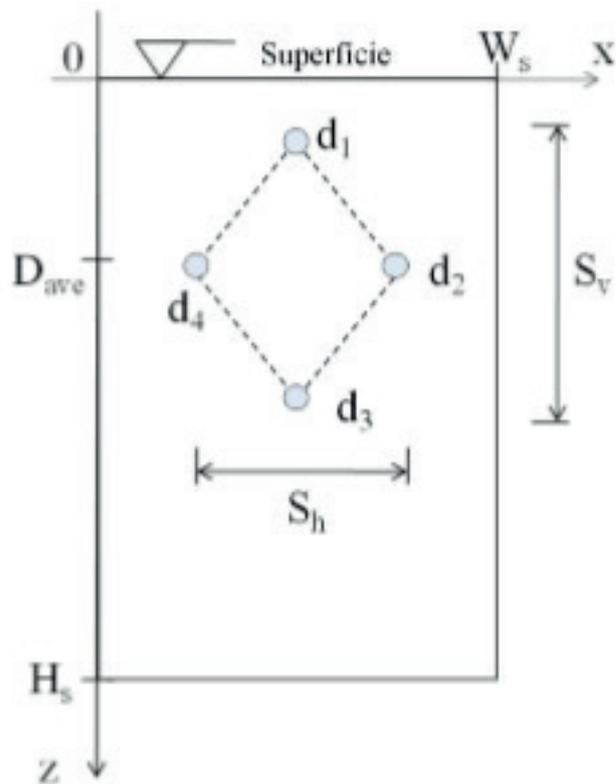


Figura 1. Vista transversal do domínio e dos quatro dutos.

Os centros dos dutos são colocados nos cantos de um losango que é centrado em torno do ponto de referência  $Q(W_s/2, D_{ave})$ , onde  $D_{ave} = 3\text{m}$ , a mesma profundidade proposta por Brum et al. (2012) para TCSA com um duto. A partir do método Design Constructal, os espaçamentos verticais ( $S_v$ ) e horizontais ( $S_h$ ) entre os dutos estão livres para variar sob certas restrições. Primeiro, para evitar a sobreposição dos dutos, e mantê-los em  $\Omega$ , impusemos o seguinte:  $S_h > D_e$ ,  $S_v > D_e$ ,  $S_h < W_s - 2D_e$ ,  $S_v < 2D_{ave} - 0,5\text{m}$ . Em segundo lugar, eles devem satisfazer uma fração de volume fixa:

$$\psi = \frac{V_E}{V_S} = \frac{L_E \frac{S_v S_h}{2}}{L_S H_S W_S} = \frac{S_v S_h}{2H_S W_S} \quad (1)$$

Aqui,  $V_E$  é o volume do prisma com comprimento  $L_E$  e cuja seção transversal é um losango, enquanto  $V_S$  é o volume de  $\Omega$ . Portanto, com o método Design Constructal, estamos preocupados em estudar como o desempenho geral dos TCSA varia quando sua estrutura prismática é modificada (mantendo seu volume constante) em direção às principais correntes de calor que estão fluindo entre os dutos e o solo. Para este trabalho, adotamos  $\psi = 0,01$ , que é uma fração de volume também usada por Rodrigues et al. (2015), e apresentamos adiante os resultados de 15 simulações

variando a relação  $r = S_v/S_h$  de aproximadamente 0,05 a 7,05.

Para estudar os TCSA, adotamos um modelo relativamente completo, onde o fluxo de ar dentro do duto é considerado transitório, incompressível, turbulento e descrito por equações de conservação de massa, momento e energia, médias no tempo (VERSTEEG; MALALASEKERA, 2007, WILCOX, 2002; INCROPERA et al., 2011). Em coordenadas cartesianas, estas equações são, respectivamente:

$$\frac{\partial \bar{v}_i}{\partial x_i} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \bar{v}_i}{\partial t} + \frac{\partial (\bar{v}_i \bar{v}_j)}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho_a} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} \delta_{ij} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \nu_a \left( \frac{\partial \bar{v}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{v}_j}{\partial x_i} \right) - \tau_{ij} \right], \quad (3)$$

$$\frac{\partial \bar{T}}{\partial t} + \frac{\partial (\bar{v}_i \bar{T})}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \alpha_a \frac{\partial \bar{T}}{\partial x_i} - q_i \right), \quad (4)$$

onde temos de encontrar os campos de temperatura  $T(K)$ , velocidade  $v(m/s)$  e pressão  $p(N/m^2)$ .

Aqui, a linha superior é usada para denotar médias temporais e as equações obedecem à notação indicial, isto é: os eixos  $x$ ,  $y$  e  $z$  são representados, respectivamente, por  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$ , portanto, os inteiros  $i$  e  $j$  variam de 1 a 3; o símbolo  $\delta_{ij}$  é o delta de Kronecker (se  $i=j$  então  $\delta_{ij}=1$ , caso contrário,  $\delta_{ij}=0$ ); um somatório fica subentendido pelo uso de índices repetidos, conforme a notação de Einstein. Quanto aos outros símbolos (na ordem que surgem no texto),  $t$ ,  $\rho_a$ ,  $\nu_a$  e  $q$ , representam, respectivamente, o tempo (s), a densidade do ar ( $kg/m^3$ ), a viscosidade cinemática do ar ( $m^2/s$ ), o tensor de tensão de Reynolds ( $m^2/s^2$ ), a difusividade térmica do ar ( $m^2/s$ ) e o fluxo de energia turbulenta ( $mK/s$ ).

Os modelos usados para  $\tau_{ij}$  e  $q_i$  são:

$$\tau_{ij} = \bar{v}_i' \bar{v}_j', \quad (5)$$

$$q_j = \bar{v}_j' \bar{T}', \quad (6)$$

onde o apóstrofo indica uma componente de flutuação variante no tempo (VERSTEEG; MALALASEKERA, 2007). Para lidar com o problema de fechamento, utilizamos o modelo das tensões de Reynolds (RSM), mais detalhado em referências como (BRUM et al., 2012; VERSTEEG; MALALASEKERA, 2007; WILCOX, 2002), o qual não é apresentado aqui por uma questão de brevidade.

Quanto à transferência de calor no solo, assume-se simplesmente como difusiva e regida pela lei de conservação da energia:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \alpha_s \frac{\partial T}{\partial x_i} \right), \quad (7)$$

onde  $\alpha_s$  é a difusividade térmica do solo ( $m^2/s$ ).

Este modelo para TCSA, foi introduzido por Brum et al. (2012), onde foi validado através de comparações com os dados experimentais referentes a uma instalação de TCSA na cidade de Viamão, no sul do Brasil (VAZ et al., 2014). Portanto, as simulações apresentadas neste capítulo também estão relacionadas às condições encontradas naquela parte do Brasil. Este é o caso das condições de contorno para as temperaturas na superfície do solo  $T_s$  e na entrada dos dutos  $T_i$ , que são dadas por:

$$T_s(t) = 18,70 + 6,28 \sin(0,0172t + 26,24), \quad (8)$$

$$T_i(t) = 23,03 + 6,92 \sin(0,0172t + 26,42), \quad (9)$$

onde as temperaturas nestes modelos estão em  $^{\circ}C$  e o tempo em dias.

Estas equações foram ajustadas a partir dos dados experimentais usando o algoritmo para o método dos mínimos quadrados descrito por Brum et al. (2015). As outras superfícies do domínio são consideradas isoladas termicamente. Quanto à velocidade do ar na entrada dos dutos, adotamos o valor de  $3,3m/s$ , que também foi usada experimentalmente. Assume-se que a saída dos dutos esteja na pressão atmosférica. Quanto a condição inicial, todo o domínio foi considerado a  $18,70^{\circ}C$ , que é a temperatura média do solo, como pode ser visto na Eq. (8). Naturalmente, as propriedades termofísicas do ar e do solo também acompanham o trabalho de Vaz et al. (2014) e estão resumidos na Tab. 1.

Para fazer as simulações, primeiro construímos o domínio computacional usando o software GAMBIT. A malha foi composta por células tetraédricas, sendo mais refinada dentro dos dutos do que na porção do solo para melhor capturar os gradientes de temperatura mais elevados. Aqui, seguimos o padrão sugerido por Rodrigues et al. (2015), onde o tamanho máximo para as células nos dutos e no solo foram  $D_e/3$  e  $3D_e$ , respectivamente.

	$\rho(\text{kg/m}^3)$	$\nu(\text{m}^2/\text{s})$	$\alpha(\text{m}^2/\text{s})$
Ar	1,16	$1,542 \times 10^{-5}$	$2,066 \times 10^{-5}$
Solo	1800	-	$6.554 \times 10^{-7}$

Tabela 1: Propriedades termofísicas do ar e do solo

Como foi feito na mesma referência, nós desprezamos as propriedades do material e a espessura dos dutos. Depois disso, resolvemos as equações governantes com o Software FLUENT que adota Métodos de Volumes Finitos. Além disso, dentre as opções disponíveis, adotamos: o algoritmo Coupled para o tratamento de campos transitórios de pressão e velocidade; o esquema Upwind para lidar com instabilidades numéricas devido aos termos advectivos.

Finalmente, as simulações cobriram um período de dois anos dividido em intervalos de tempo de 3600s que avançava após os resíduos (entre duas iterações sucessivas) de massa, momento e balanço energético tornarem-se inferiores a  $10^{-3}$ ,  $10^{-3}$  e  $10^{-6}$ , respectivamente, satisfazendo o critério de convergência.

### 3 | NOVOS MODELOS E RESULTADOS

#### 3.1 Modelagem do potencial térmico instantâneo

Para TCSA com quatro dutos, o seu potencial térmico instantâneo  $P$  pode ser definido por:

$$P(t) = \sum_{k=1}^4 [T_{o,k}(t) - T_{i,k}(t)] / 4, \quad (10)$$

onde:  $T_o$  e  $T_i$  representam, respectivamente, as temperaturas na saída e na entrada do  $k$ -ésimo duto, no instante de tempo  $t$ . Aqui, para todos os dutos,  $T_o$  e  $T_i$  conforme a Eq. (9). No entanto,  $P$  também é uma função de outras variáveis além do tempo  $t$ . Em particular,  $P$  varia com a razão entre os espaçamentos verticais e horizontais dos dutos, i. e., com a razão  $r = S_v / S_h$ .

Neste trabalho, nós descobrimos que  $P$  pode ser modelado por funções senoidais do tipo:

$$P(t,r)=a(r)\text{sen}(bt+c)+d, \quad (11)$$

onde  $b$ ,  $c$  e  $d$  são constantes reais e  $a$  é uma função de  $r$ . Como é usual, também chamamos  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$ , respectivamente, de amplitude, freqüência angular, fase e valor médio de  $P$ . A idéia de que as variações em  $r$  afetam principalmente a amplitude de  $P$  podem ser observadas nos gráficos da Fig. 2. Eles mostram que os aumentos em  $r$  de 0,05 a 7,05 diminuem a amplitude do potencial térmico instantâneo, enquanto as mudanças na freqüência, fase e valor médio são pouco perceptíveis.

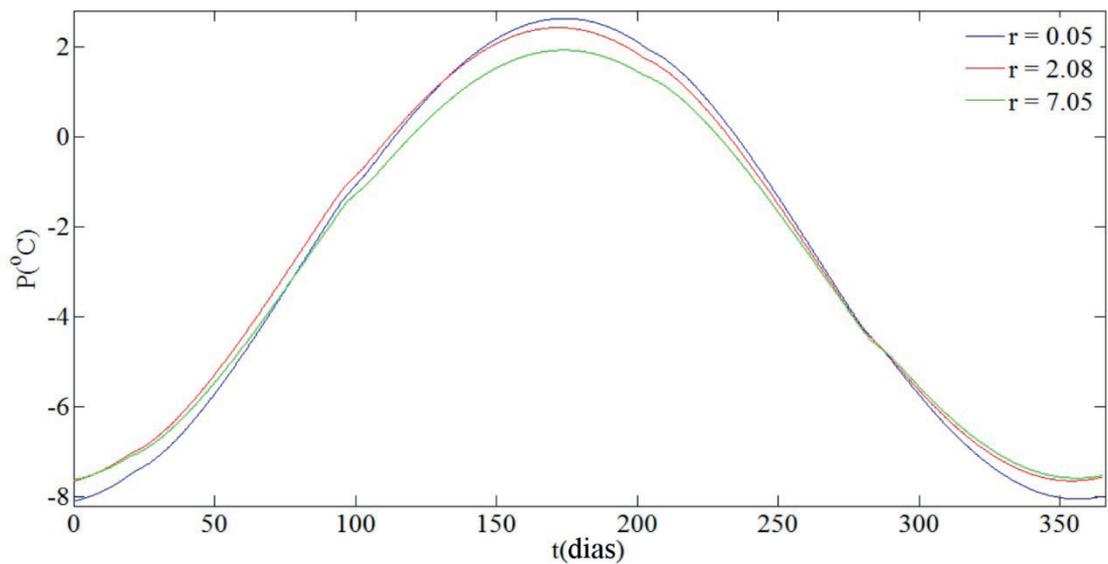


Figura 2. Gráficos de  $P$  ao longo do ano para três diferentes valores de  $r$ .

Usando o método dos mínimos quadrados, como em (BRUM et al., 2015), primeiro exploramos modelos para  $P$ , ajustando os valores das soluções numéricas à funções senoidais na forma:

$$P_j(t)=a_j(r)\text{sen}(b_jt+c_j)+d_j, \quad (12)$$

onde  $a_j$ ,  $b_j$ ,  $c_j$  e  $d_j$  são coeficientes reais. Notamos que  $j=1,2,\dots,15$ , pois simulamos as instalações de TCSA com 15 valores diferentes de  $r$ , os quais são exibidos de maneira aproximada na Tab.2, juntamente com os coeficientes correspondentes, exceto  $b_j$ . Cabe notar que a freqüência angular é constante, visto que um ano tem 365 dias, assim,  $b_j=2/3650,0172\text{rad/dia}$ , para todos os valores de  $j$ .

r(m)	0,05	0,16	0,33	0,56	0,85	1,20	1,61	2,08
a <sub>j</sub> (°C)	5,37	5,34	5,25	5,18	5,10	5,10	5,08	5,07
c <sub>j</sub> (rad)	-1,44	-1,43	-1,42	-1,41	-1,37	-1,40	-1,40	-1,41
d <sub>j</sub> (°C)	-2,71	-2,66	-2,60	-2,56	-2,59	-2,55	-2,57	-2,60
r(m)	2,61	3,20	3,85	4,56	5,33	6,16	7,05	
a <sub>j</sub> (°C)	5,06	5,03	5,00	4,96	4,91	4,85	4,79	
c <sub>j</sub> (rad)	-1,41	-1,42	-1,42	-1,42	-1,43	-1,43	-1,43	
d <sub>j</sub> (°C)	-2,63	-2,65	-2,69	-2,72	-2,76	-2,79	-2,82	

Tabela 2: Valores de a<sub>j</sub>, c<sub>j</sub> e d<sub>j</sub> para cada r

Estes resultados confirmam que as variações em r afetam muito mais o coeficiente a<sub>j</sub> que os demais. Também calculamos os desvios padrão (BULMER, 1979) de a<sub>j</sub>, c<sub>j</sub> e d<sub>j</sub>, obtendo, respectivamente, os seguintes valores: 0,165, 0,017 e 0,085. Isso justifica a adoção de um modelo para P, como aquele da Eq.(11), onde os coeficientes b, c e d são dados, respectivamente, pelos valores médios de b<sub>j</sub>, c<sub>j</sub> e d<sub>j</sub>, enquanto a é uma função de s. Usando mínimos quadrados, ajustamos os valores discretos de a<sub>j</sub> por polinômios. Como pode ser visto na comparação mostrada na Fig.3, os dados podem ser adequadamente ajustados por polinômios de grau três e quatro, no entanto, escolhemos o último para aumentar a correlação, alcançando uma correlação R de Pearson de 0,99. Portanto, modelamos a e P pelas seguintes funções:

$$a(r)=0,0021r^4-0,0341r^3+0,1827r^2-0,4113r+5,3794, \quad (13)$$

$$P(t,r)=a(r)\text{sen}(0,0172t-1,4160)-2,6589. \quad (14)$$

### 3.2 Design e Potencial

Uma razão importante para determinar tais modelos é que eles resumem em poucas equações uma grande quantidade de dados numéricos obtidos nas simulações das instalações de TCSA, simplificando assim as suas análises.

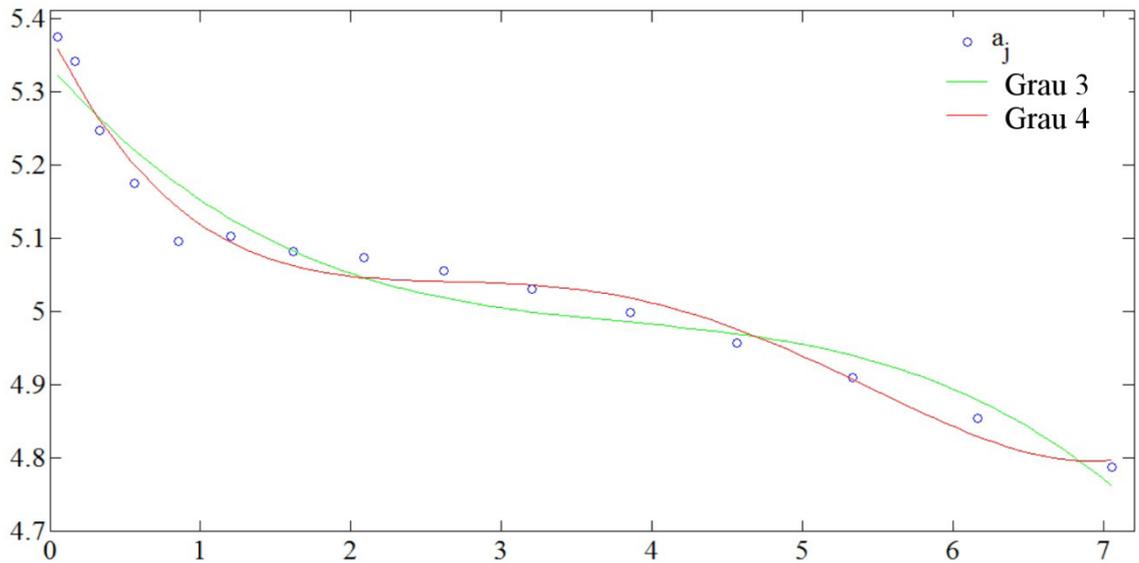


Figura 3. Comparação entre dois polinômios de graus 3 e 4 para ajustar  $a_j$

Uma primeira preocupação com os TCSA é sua utilização para melhorar o conforto térmico, principalmente no verão e inverno visando, respectivamente, resfriar e aquecer edificações. Assim, se no verão deseja-se diminuir tanto quanto possível o valor de  $P$ , no inverno ocorre o contrário. Em geral, a partir do modelo para  $P$  fornecido pela Eq.(14), isso é satisfeito maximizando sua amplitude.

Estudando a função  $a(r)$  dada pela Eq. (13) dentro do intervalo das simulações consideradas para  $r=S_v/S_h$ , então a amplitude máxima ocorre para  $r=0,05$ , enquanto a mínima para  $r=7,05$ . Em termos de design, esses resultados ajudam a entender parte das relações entre o desempenho térmico dos TCSA e a geometria da instalação. Olhando para a visão bidimensional da Fig. 1, onde os dutos formam um losango, concluí-se que a redução da sua altura e aumento da sua base melhoram o potencial térmico instantâneo da instalação.

### 3.3 Potencial Térmico

Como os TCSA costumam ser mais úteis durante o verão ou no inverno, é conveniente estudar seu desempenho durante os meses mais quentes ou mais frios. Nesse sentido, algumas referências (BRUM et al., 2012; RODRIGUES et al.,2015; VAZ et al.,2014; BRUM et al.,2013) empregam uma média mensal do potencial térmico instantâneo, que é simplesmente chamado de Potencial térmico  $P_t$  e é dado por:

$$P_T = \frac{\int_{t_f}^{t_l} P(t) dt}{t_l - t_f} \quad (15)$$

Aqui,  $t_f$  e  $t_l$  são, respectivamente, o primeiro e o último dia do mês, e a integral pode ser computada para valores fixos de  $r$ . A Tab.3 apresenta os valores de  $P_t$  durante os meses de verão de dezembro e janeiro, bem como nos meses de inverno de junho e julho, para  $r = 0,05$  e  $r = 7,05$ , que representam as melhores e piores geometrias, respectivamente.

A partir destes resultados, nota-se que o potencial térmico é relativamente melhorado em mais de 7% e 25% no verão e no inverno, respectivamente.

	Dezembro	Janeiro	Junho	Julho
$r=0,05$	-7,94	-7,49	2,52	2,19
$r=7,05$	-7,39	-6,98	1,99	1,69

Tabela 3:  $P_t(^{\circ}\text{C})$  para os meses mais quentes e mais frios do ano.

### 3.4 Desempenho Energético

Além do conforto térmico, o potencial térmico também é diretamente proporcional à quantidade de energia convencional que se pode economizar em um mês com ar condicionado usando os TCSA. A taxa de transferência de calor (INCROPERA et al.,2011; PFAFFEROTT, 2003) trocado pelos TCSA pode ser estimada mensalmente por:

$$\dot{Q} = 4\rho_a c_{pa} v_a A_D P_t \quad (16)$$

onde  $\rho_a$  e  $c_{pa}$  são a densidade e calor específico do ar, respectivamente, enquanto  $v_a$  é a velocidade média do ar nos dutos. Estamos assumindo que  $v_a = 3,3\text{m/s}$ , que também é a velocidade do ar na entrada dos dutos, além disso,  $c_{pa} = 1010\text{J}/(\text{kg K})$ . Finalmente,  $A_D = \pi D_e^2/4$ , que corresponde a área da seção transversal dos dutos.

Dos resultados mostrados na Tab.4, considerando a melhor geometria para as instalações de TCSA, verifica-se que eles podem alcançar mais de 1100W e 320W, respectivamente, em taxas de transferência de resfriamento e aquecimento. Observando também as quantidades de calor trocadas ( $Q$ ), isto representa economias energéticas com ar condicionado superiores a 810kWh e 230kWh no verão e no inverno, respectivamente.

	Dezembro	Janeiro	Junho	Julho
$\dot{Q}(W)$	1166,4	1100,5	370,6	322,1
$Q(kWh)$	867,8	818,7	275,7	239,7

Tabela 4:  $\theta$  durante os meses mais quentes e mais frios do ano para  $r=0.05$ .

### 3.5 Eficiência

Embora os resultados anteriores tenham ajudado a comparar as diferentes geometrias dos TCSA e forneçam uma idéia de suas capacidades energéticas, eles não oferecem uma medida de eficiência. Em outras palavras, não sabemos quanto conseguimos extrair do potencial do solo. Para diferentes referências (INCROPERA et al., 2011; LEE, 2010; PFAFFEROTT, 2003; PAEPE; JANSSENS, 2003), uma medida de eficiência é dada por uma razão de temperatura:

$$\theta = \frac{T_o - T_i}{T_{solo} - T_i}, \quad (17)$$

onde  $T_{solo}$  é a temperatura do solo enquanto  $T_o$  e  $T_i$  são as temperaturas do ar na saída e na entrada, dos dutos respectivamente.

Para estimar a eficiência ao longo de um ano de operação dos TCSA, adotamos neste trabalho uma variação da equação anterior, calculando-a por:

$$\theta_m = \frac{\sqrt{\int_0^{365} P(t,r)^2 dt}}{\sqrt{\int_0^{365} [T_{solo}(t) - T_i(t)]^2 dt}}, \quad (18)$$

onde  $\theta$  é dada pela Eq.(9) enquanto

$$T_{solo}(t) = 18,70 + 1,94 \text{sen}(0,0172t - 0,11), \quad (19)$$

representa a temperatura do solo no centro da instalação, i. e., na profundidade

de 3m (BRUM et al., 2013). Assim, estamos computando no numerador e no denominador médias quadráticas anuais.

Feitos esses esclarecimentos, descobrimos que a eficiência também aumentou reduzindo  $r$ , mais especificamente, os valores mais altos e mais baixos de  $r$  foram 71,6% e 66,7% para  $r = 0,05$  e  $r = 7,05$ , respectivamente.

## 4 | CONCLUSÕES

Este capítulo apresentou diferentes resultados obtidos pela aplicação do Método Design Constructal para melhorar a disposição geométrica de quatro dutos enterrados no solo para formar TCSA. Tomando uma visão transversal dos dutos, eles foram montados sob a forma de um losango com altura e base medindo, respectivamente,  $S_v$  e  $S_h$ . A partir de simulações numéricas, variando a razão  $r = S_v / S_h$ , respeitando restrições volumétricas, mostramos que o desempenho térmico dos TCSA pode ser melhorada reduzindo  $r$ , ou, em outras palavras, alongando a base do losango.

Este trabalho também apresenta o desenvolvimento de modelos simples baseados em funções senoidais para estudar o potencial térmico instantâneo  $P$  dos TCSA. A partir desses esforços, descobrimos que as variações em  $r$  afetam principalmente a amplitude de  $P$ . Isso simplificou nossas análises e permitiu determinar a melhor configuração geométrica a partir dos casos examinados.

Os resultados indicaram as seguintes possibilidades: (1) de aumentar o potencial térmico no verão e inverno em mais de 7% e 25%, respectivamente; (2) de reduzir o consumo de energia em mais de 810kWh no verão e 230kWh no inverno; (3) de aumentar a eficiência anual em mais de 70%.

## 5 | AGRADECIMENTOS

R. da S. Brum agradece ao CNPq pela bolsa de doutorado, já que parte desse trabalho foi desenvolvido durante sua tese de doutorado. E. D. Santos, L. A. Isoldi e L. A. O. Rocha agradecem ao CNPq (Brasília, DF, Brasil) pelas bolsas de pesquisa (Processos: 306024 / 2017-9, 306012 / 2017-0, 307847 / 2015-2). Todos os autores também agradecem à FAPERGS pelo apoio financeiro (Edital 02/2017 - PqG)

## REFERÊNCIAS

BEJAN, A.; LORENTE, S. **Design with Constructal Theory**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008.

BRUM, R.S.; RAMALHO, J.V.A.; ROCHA, L.A.O.; ISOLDI, L.A.; SANTOS, E.D. A matlab code to fit periodic data. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 7, n. 2, 2015.

BRUM, R.S.; ROCHA, L.A.O.; VAZ, J.; SANTOS, E.D.; ISOLDI, L.A. Development of simplified

- numerical model for evaluation of the influence of soil-air heat exchanger installation depth over its thermal potential. **International Journal of Advanced Renewable Energy Research**, v. 1, p. 505-514, 2012.
- BRUM, R.S.; VAZ, J.; ROCHA, L.A.O.; SANTOS, E.D.; ISOLDI, L.A. A new computational modeling to predict the behavior of earth-air heat exchangers. **Energy and Buildings**, v. 64, p. 395-402, 2013.
- BULMER, M.G. **Principles of Statistics**. New York: Dover Publications Inc., 1979.
- INCROPERA, F.P.; DEWITT, D.P.; BERGMAN, T.L.; LAVINE, A.S. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. Rio de Janeiro: LTC, 2011
- LEE, H.S. **Thermal design: heat sinks, thermoelectrics, heat pipes, compact heat exchangers, and solar cells**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.
- PAEPE, M.; JANSSENS, A. Thermo-hydraulic design of earth-air heat exchangers. **Energy and Buildings**, v. 35, n.4, p. 389-397, 2003.
- PFAFFEROTT, J. Evaluation of earth-to-air heat exchangers with a standardised method to calculate energy efficiency. **Energy and Buildings**, v. 35, n. 10, p. 971-983, 2003
- RODRIGUES, L.T.; GILLOTT, M. A novel low-carbon space conditioning system incorporating phase-change materials and earth-air heat exchangers. **International Journal of Low-Carbon Technologies**, v. 10, n. 3, p.176-187, 2015
- RODRIGUES, M.K.; BRUM, R.S.; VAZ, J.; ROCHA, L.A.O.; SANTOS, E.D.; ISOLDI, L.A. Numerical investigation about the improvement of the thermal potential of an earth-air heat exchanger (eahe) employing the constructal design method. **Renewable Energy**, v. 80, p. 538-551, 2015
- VAZ, J.; SATTLER, M.; BRUM, R.S.; SANTOS, E.D.; ISOLDI, L.A. An experimental study on the use of earth-air heat exchangers (eahe). **Energy and Buildings**, v. 72, p. 122-131, 2014.
- VERSTEEG, H.K.; MALALASEKERA, W. **An Introduction to Computational Fluid Dynamics – The Finite Volume Method**. London: Pearson Education, 2007.
- WILCOX, D.C. **Turbulence Modeling for CFD**. Califórnia: DCW Industries, 2002.
- YANG, W.; ZHOU, J.; XU, W.; ZHANG, G. Current status of ground-source heat pumps in china. **Energy Policy**, v. 38, n. 1, p. 323-332, 2010.

## TELEFONIA DIGITAL DE BAIXO CUSTO COM VOIP E RASPBERRY: UM ESTUDO DE CASO NO IFPI CAMPUS ANGICAL DO PIAUÍ

**Francisco Alysson da Silva Sousa**

Instituto Federal do Piauí – IFPI, Campus  
Angical do Piauí – PI

**Matheus Lopes Pereira**

Instituto Federal do Piauí – IFPI, Campus  
Angical do Piauí – PI

**RESUMO:** Este trabalho teve o objetivo de analisar os benefícios da tecnologia VoIP como alternativa de baixo custo a um serviço de telefonia institucional gerenciado por minicomputadores *Raspberry* e adaptadores ATA, o estudo de caso teve como cenário o campus Angical do Instituto Federal do Piauí. Por meio do método exploratório foram descritos o cenário técnico, o modelo de operação atual e seus custos. Na obtenção de dados, a análise de contratos vigentes complementa a justificativa e as conclusões evidenciam a viabilidade técnica, o prognóstico da redução de custos em relação à telefonia convencional além do baixo investimento necessário à conversão dos modos de operação ao se utilizar a infraestrutura da rede de dados já existente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Telefonia. Redes. Tecnologia. VoIP. Custos.

**ABSTRACT:** This study aimed to analyze the benefits of VoIP technology as a low cost

alternative to an institutional telephony service managed by Raspberry minicomputers and ATA adapters, the case study was based on the Angical campus of the Federal Institute of Piauí. The exploratory method described the technical scenario, the current operating model and its costs. In order to obtain data, the analysis of current contracts complements the justification and the conclusions show the technical feasibility, the prognosis of the reduction of costs in relation to conventional telephony besides the low investment necessary for the conversion of the modes of operation when using the network infrastructure existing data.

**KEYWORDS:** Telephony. Networks. Technology. VoIP. Costs.

### 1 | INTRODUÇÃO

A necessidade de comunicação pode ser considerada uma característica natural do ser humano, as formas de expressão, independente do meio, sempre carregam a intencionalidade de transmitir algo, quase sempre uma busca de um retorno. Para Feil (2013), a comunicação pode ser definida como uma condição humana, pois para o autor, teríamos nessa habilidade um fator determinante para alcançarmos os atuais níveis de desenvolvimento social e tecnológico. Em

dias atuais, podemos destacar a interatividade como característica indispensável ao êxito de um processo comunicacional sendo reforçado, como destaca Primo (1999), pela perspectiva interacionista da cognição humana ao afirmar que grande parcela da capacidade de percepção de novos conhecimentos é proveniente de seu potencial de compartilhamento de ideias.

Com as emergentes tecnologias, as formas de comunicação também passaram por importantes mudanças. Forouzan (2006), nos ajuda a entender o processo que, em tempos remotos, se limitara ao simples envio ou recebimento da mensagem em sentido onidirecional (*simplex*), ou envio e recebimento, não ao mesmo tempo (*half-duplex*) e o atual fluxo simultâneo (*full-duplex*) no qual, emissão e recepção, acontecem bidireccionalmente. Com a evolução das técnicas de conectividade, a transmissão da informação tornou-se instantânea e sem limitações geográficas, para Tanenbaum (2003) isso se torna possível através de um conjunto de dispositivos interconectados que formam as redes de computadores, permitindo interações em texto, áudio e vídeo e diversas outras mídias.

O presente trabalho, dentro desse contexto da interação instantânea, delimita-se a apresentar uma alternativa ao processo de comunicação institucional utilizando-se do meio telefônico tendo como referência o modo atual de funcionamento do ambiente em estudo e sua transformação em um cenário digital com o tráfego de voz sobre a rede de dados em operação no local.

O objetivo geral é apresentar uma alternativa considerada de baixo custo para a modernização de uma estrutura de telefonia analógica migrando-a para o sistema de transmissão da voz em pacotes de dados sobre a rede local minicomputadores *Raspberry Pi* atuando como pequenos servidores de central telefônica e adaptadores ATA para conexão dos aparelhos telefônicos convencionais à rede. Destacando a viabilidade financeira, a ideia é demonstrar ser possível a digitalização de uma rede de ramais analógicos sem a necessidade de grandes investimentos utilizando a própria conectividade já operacional no prédio.

Esta proposta justifica-se por enquadrar-se na constante busca por iniciativas no âmbito da administração pública que resultem na redução de custos e na otimização da aplicação dos recursos financeiros de forma que sejam sempre possíveis as inovações tecnológicas sem a necessidade de aumento do custeio para melhoria da prestação de serviços à comunidade atendida. Vista a importância da comunicação, a alternativa apresentada visa facilitar o cotidiano administrativo da instituição considerando a grande demanda de contatos telefônicos internos e externos e o elevado custo mensal do serviço. Pretende-se demonstrar que é possível realizar chamadas com a mesma facilidade do plano de discagem do modo convencional incrementando a este modelo alguns importantes benefícios como prescindir dos serviços da operadora para realizar ligações internas além do pequeno custo por minuto em ligações externas. Ainda como justificativa, é válido destacar a limitação decorrente dos poucos pontos fixos disponíveis para se estabelecer a comunicação

nas dependências internas, situação essa motivadora da constante realização de chamadas com destino a dispositivos móveis que, mesmo fisicamente próximos, a ligação acontece através do serviço de conectividade externo da operadora, esse tipo de comunicação corresponde a uma fatia considerável no valor total da fatura mensal. Nesse ponto em específico, verificamos que é possível configurar aplicativos para dispositivos móveis que se conectam ao servidor através da rede sem fio, são os chamados *softphones*, *softwares* gratuitos para telefonia VoIP.

A metodologia aplicada pode ser caracterizada como exploratória baseada em um ambiente educacional onde há em funcionamento o modelo analógico de telefonia convencional dispendo de apenas 4 linhas fixas para atender pelo menos 10 setores. Inicialmente foi mapeado o ambiente administrativo para definição da localização e quantidade de aparelhos, verificaram-se as condições do cabeamento e a conexão destes até a central telefônica interna, conhecida tecnicamente como *Private Branch Exchange* – PBX, a pesquisa de orçamento foi então realizada para fundamentar a etapa comparativa de investimentos. A coleta de dados teve como base o estudo técnico realizado seguido pela análise de contratos vigentes referentes aos custos mensais, os investimentos necessários à implantação da proposta assim como o comparativo orçamentário entre os dois modelos, o analógico e o digital.

## 2 | TECNOLOGIA VOIP

A referida técnica de codificar, transmitir e decodificar a voz sobre redes IP – *Voice Over Internet Protocol* ou Voz sobre Protocolo de Internet – VoIP, representa um novo tempo no serviço de telefonia ao permitir o transporte do áudio em formato de dados paralelamente às demais informações trafegadas em uma rede, Moraes e Fernandes (2010) ressaltam que essa característica técnica e operacional significa uma alternativa de baixo custo para a comunicação remota. Reforçando essa tendência mundial no mercado de telefonia, um relatório disponibilizado por pesquisadores da *JuniperResearch* ainda em 2014, destaca uma importante mudança nas estratégias de negócios entre as operadoras de redes móveis onde, segundo o documento, o serviço de voz na internet movimentou aproximadamente \$ 20 bilhões em investimentos de infraestrutura até o final de 2018, isso demonstra o quanto a telefonia digital tem conquistado seu espaço no mercado. Ainda sobre os benefícios, Abreu (2017) destaca a vantagem da realização de chamadas diretamente entre pontos, bastando para isso, uma conexão local (ramais internos) ou a conexão à internet para que ligações externas (longa distância) sejam completadas, dispensando assim, o uso da complexa infraestrutura que envolve uma rede de telefonia convencional. Keller (2011) explica o protocolo e a padronização mundial de suas respectivas regras que, ao serem corretamente implementadas, permitem a captura, organização em pacotes, o tráfego e a decodificação para que a voz seja

reproduzida no destino. Veras e Júnior (2015) abordam também o funcionamento da tecnologia considerando o fluxo de comunicação em camadas preconizado pelo modelo de referência OSI no qual, a nível da camada de sessão, o serviço executa o *Session Initiation Protocol* – SIP, responsável por gerenciar a sinalização na troca de mensagens entre os pontos durante uma comunicação e o *Real-Time Transport Protocol* – RTP, que atua na camada de transporte e através do qual acontece o empacotamento e a transmissão da voz sobre uma rede IP.

Podemos então realizar uma comparação, em detalhes técnicos, entre o modo convencional e o digital assegurando a propensão e vantagens condizentes a esta última. O serviço de telefonia convencional ou telefonia fixa analógica tem como base de funcionamento a técnica de transmissão denominada comutação por circuitos, Rocha (2005) explica que esse tipo de conexão representa a alocação de recursos através de uma interligação física permitindo o tráfego da voz até o receptor, esse modelo de comunicação é internacionalmente definido como Rede de Telefonia Pública Comutada - *Public Switched Telephone Network* – PSTN. O referido autor esclarece que o fluxo nesse sistema analógico acontece a partir de centrais telefônicas locais, como nas dependências de um prédio, estas se conectam as centrais de trânsito, que possuem uma hierarquia superior na estruturação da rede, e estas por sua vez se comunicam com as centrais locais de destino, possibilitando o estabelecimento da comunicação através de um caminho físico dedicado. Assim, “[...] o tráfego de voz pode fluir entre as centrais possibilitando o estabelecimento de chamadas entre usuários atendidos por centrais distintas, mediante um plano de encaminhamento adequado.” (ROCHA, 2005. p. 63).

Embora as referidas redes PSTN tenham sua estabilidade e o domínio da comunicação por voz perdurados durante muitas décadas, a tendência no campo tecnológico das telecomunicações é o surgimento das chamadas redes convergentes, ou seja, as operadoras perceberam a nova demanda emergente dos serviços de voz pela internet e passaram a realizar altos investimentos nas tecnologias que viabilizam a unificação dos meios de transmissão nos quais pode ocorrer o tráfego de voz e dados em uma mesma infraestrutura de conexões. Esse modo de operação alavancou, em contraponto ao analógico, a telefonia digital ou telefonia IP que Vetter (2015) define como sendo a nomenclatura ideal para se referir a aplicação da tecnologia de voz sobre o protocolo de internet, esse tipo de comunicação é realizada sobre processo descrito como comutação por pacotes, onde o alocação do espaço necessário à transmissão é realizada sob demanda, o que otimiza o uso do meio. Na explanação de Vetter (2015, p. 25) destaca-se de forma clara o dois principais protocolos utilizados em uma comunicação VoIP, sendo o mais utilizado para etapa de sinalização, o SIP, estabelecendo e gerenciando a chamada (sessão) desde o seu estabelecimento inicial até a finalização e durante essa conexão a voz digitalizada é transmitida em pequenos blocos denominados pacotes de dados RTP, via camada de transporte. No dispositivo do usuário final a voz é capturada,

digitalizada e reproduzida pelos codificadores de decodificadores de áudio - CODECs. Esse componentes realizam a conversão da voz analógica (emissor) em sequência de bits digitais e esses dados, após chegarem ao destinatário (receptor), passam pelo processo inverso de decodificação e reprodução.

### 3 | ESTUDO DE CASO

O Instituto Federal do Piauí – IFPI, uma instituição pública de ensino com mais de 100 anos de existência, teve seu ápice de expansão registrado a partir do ano de 2008 (MEC, 2016). Nesse período, houve a descentralização das unidades de ensino passando de 03 para os atuais 21 presentes em 19 cidades. Esse processo de interiorização ao tempo que significava um contributo para desenvolvimento educacional da região apresentava um enorme desafio técnico relacionado ao processo de comunicação e conectividade. A prestação do serviço de telefonia e internet foi por um longo período operacionalizado pelo grupo surgido a partir das privatizações no setor, essa exclusividade de operação no mercado local representavam um alto custo ao usuário final.

Diante dessa onerosa realidade, em meados de 2013 a Diretoria de Tecnologia da Informação – DTI, deu início ao projeto de modernização da telefonia, o objetivo inicial seria a interconexão das unidades por meio da tecnologia VoIP utilizando a infraestrutura da rede de dados existente para realização de chamadas entre campi para, em seguida, permitir chamadas externas por meio do serviço de encaminhamento de chamadas *VoIP* da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa – fone@RNP.

Os maiores desafios estavam na situação dos insuficientes *links* de internet e na necessidade de aquisição de equipamentos, o projeto inicial contemplou os campi com aparelhos digitais (telefone IP), porém em quantidade inferior à demanda. Nesse cenário, a existência de aparelhos de telefonia fixa nos campi despertou a motivação para esse projeto pela possibilidade de utilizá-los como ramais VoIP por meio de adaptadores ATA, Abreu (2017), enfatiza que isso potencializa a infraestrutura atual a um custo muito baixo dispensando a aquisição dos terminais. Propomos aqui o uso de minicomputadores modelo *Raspberry Pi*, pois nessas simples placas constatamos ser possível dispor um serviço em rede como um provedor SIP através do sistema *RasPBX* - uma versão adaptada especificamente para este *hardware*.

Para o teste funcional foi instalado no *Raspberry* o sistema *RasPBX*, esta aplicação disponibiliza, via rede, uma central telefônica digital – PBX IP – na qual o ramais virtuais são configurados. Para permitir o uso de aparelhos convencionais, foi usado um adaptador ATA modelo Linksys 2102, esses possuem conector RJ 11 – ligue-se ao telefone - e o conector RJ 45 para conectá-lo à rede de dados. A configuração do servidor pode ser realizada via protocolo SSH ou pela *interface web* através do

endereço IP do servidor, onde, nos testes foram configurados dois ramais com os números 1021 e 1022 e finalmente realizou-se uma chamada de voz entre estes, o objetivo foi mostrar a facilidade de discagem e qualidade do áudio nas ligações.

### 3.1 Metodologia

Com a característica exploratória, o método aplicado para elaboração deste trabalho tem como fundamento a execução de uma proposta com a finalidade de aproveitar a atual rede de dados e os existentes aparelhos de telefonia fixa para conversão operacional destes em ramais digitais e assim tornar possível a migração do analógico tráfego de voz para a transmissão em formato de pacote de dados sobre redes IP, conforme explica [ABREU, 2017]. O procedimento inicial foi realizar o levantamento técnico da infraestrutura de equipamentos existentes que garantem o funcionamento do sistema de telefonia assim como a conexão local e à internet provida por este mesmo meio através da utilização de circuito de dados e fibra óptica. Visto o material, a pesquisa de orçamento foi realizada para fundamentar a etapa comparativa de investimentos a fim de justificar a opção pela alternativa. Para obtenção das informações de valores foram analisados os contratos vigentes relativos à prestação dos serviços existentes, verificou-se o documento nº 02/2012 referente telefonia fixa e o de nº 03/2012 referente ao serviço de conectividade dos quais foram extraídos os seguintes dados contidos na Tabela 1:

INTERNET			
MEIO	LINK	OPERADORA	CUSTO MENSAL
Circuito de Dados	2 Mbps	Oi	R\$ 5.000,00
Fibra óptica	100Mbps	RNP	R\$ 00,00*
TELEFONIA			
MODO	QUANTIDADE	DEMANDA	CUSTO MENSAL
Analógico	4	10	R\$ 1.500,00

Tabela 1: Serviços com contratos vigentes

Os dados obtidos através dos levantamentos realizados possibilitaram construir a visualização de detalhes a respeito dos investimentos necessários à implantação da alternativa no ambiente local em estudo. Uma informação importante que pode ser extraída dos contratos analisados, diz respeito ao custo mensal com telefonia fixa para o campus, aproximadamente R\$ 1.500,00 como pode ser visualizado na tabela 1, nesse item de faturamento, o documento verificado cobra por uma quantidade previamente estipulada de minutos/mês quando raramente esse consumo é atingido. Diante das informações expostas, temos como alternativa de

baixo custo de aquisição a argumentada proposta em foco neste projeto. Esta opção, além da viabilidade de implantação, tem como outra vantagem possuir como base a estrutura existente da rede analógica na qual o aproveitamento dos aparelhos telefônicos já disponíveis seria possível com a aquisição mínima conforme a tabela 2 a seguir:

ITEM	DESCRIÇÃO	DEMANDA	DISPONÍVEL	V.UNITÁRIO	TOTAL
01	Telefone fixo analógico	10	10	30,00	00,00
02	Adaptador ATA	10	0	150,00	1.500,00
03	Minicomputador Raspberry	1	0	240,00	240,00
04	Gateway FXS	1	0	1.000,00	1.000,00
				<b>TOTAL</b>	<b>3.740,00</b>

Tabela 2: Proposta de baixo custo

### 3.2 Análise e discussão dos resultados

Considerando o ambiente completo da instituição com os atuais 21 campi em funcionamento, teríamos a necessidade de disponibilização orçamentária em torno dos R\$ 126.000,00 para implantação de uma solução comercial baseada em valores atuais de mercado, considerando o cenário de contenção de gastos recomendado pelo Governo Federal através do Ministério de Educação – MEC (mantenedor da instituição em análise) na portaria nº 28 de 16 de fevereiro de 2017 (BRASIL, 2017), a execução de uma solução corporativa se tornaria uma opção inviável, essa afirmação tem como base o registro de indeferimentos recentes relacionados ao custeio de projetos. Já em relação à proposta objetivo deste trabalho a redução de custos ainda na etapa de aquisição e implantação é bastante significativa e os detalhes podem ser observados no gráfico 1:

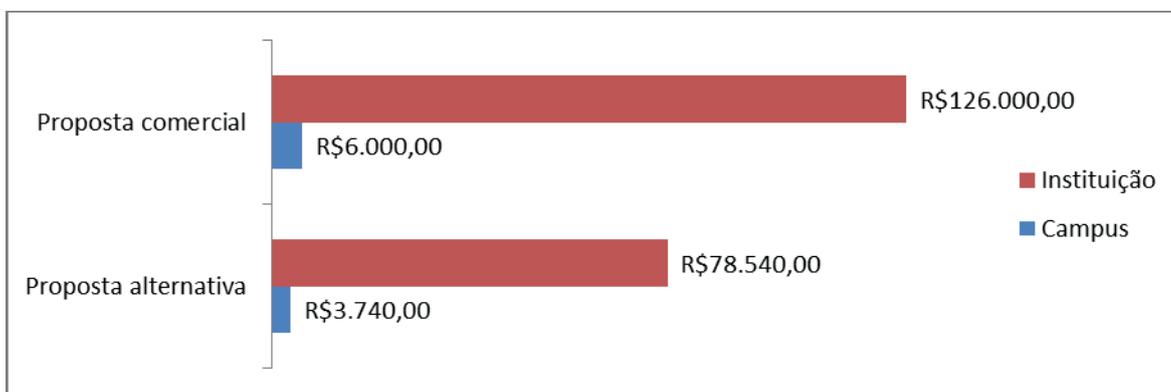


Gráfico 1: Investimentos

Uma vez viabilizada e com a homologação técnica do serviço proposto concluída, tem-se como meta inicial o foco nos custos originados pelas chamadas internas, conforme mencionado entre as problemáticas citadas, para as quais se projeta uma redução de aproximadamente 100% nesse tipo de tarifação, considerando para alcançar esse resultado que o fluxo de comunicação interna entre ramais digitais fará uso somente do serviço de rede local, ou seja, no espaço interno do campus teremos ramais fixos e móveis conectados. Outro fator técnico que pode ser destacado ao se verificar as informações analisadas durante a realização desta pesquisa é a possibilidade de implantação da referida alternativa tecnológica nas demais unidades que compõem a instituição, essa expansão permitiria a conexão direta entre os outros campi via *link* de internet e conseqüentemente permitiria a realização de chamadas sem custos, pois nesse cenário a conexão entre ramais, mesmo pertencentes a centrais diferentes teria como condição funcional a dependência exclusiva da *internet* operando como meio de transmissão. Esse modelo operacional fundamenta a proposta de benefícios resultante da convergência de redes abordada como tendência no projeto.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da argumentação exposta neste trabalho foi possível concluir que o objetivo de modernizar e ampliar o sistema de telefonia local é uma alternativa técnica e financeiramente viável optando-se pela telefonia digital a partir de aparelhos analógicos. As placas de minicomputadores modelo *Raspberry PI*, mesmo em dimensões compactas (13x10cm), possuem a configuração de *hardware* suficiente para gerenciar o serviço de central telefônica digital provido pelo sistema *RasPBX* tendo em vista que essa aplicação foi desenvolvida especialmente para o minicomputador, essa versão incorpora os *software Asterik* como núcleo e o *Freepbx* como *interface web* de gerenciamento. Com esses serviços em execução observamos um consumo de memória inferior a 50% (490 MB) da capacidade original da placa (1 GB). Constatou-se também que a existente infraestrutura da rede de dados local

permite a conexão dos dispositivos de forma a atender a demanda da localização dos ramais e a interligação destes a central e nesse aspecto técnico há uma considerável economia e conseqüentemente uma importante contribuição para a viabilidade da proposta diante da não necessidade de investimentos em cabeamento de uma nova rede.

Identificamos ainda que o baixo custo de aquisição e implantação da proposta apresenta-se com uma oportuna solução diante das políticas governamentais de limitações orçamentárias tornando viável, dentro deste cenário administrativo, a migração do atual e custoso sistema de telefonia para a tecnologia que propõe, inicialmente, a realização de chamadas internas através da própria rede local ao tempo em que se abre a possibilidade de chamadas externas através do serviço visto que a unidade de ensino já custeia o link de internet necessário como redundância (em caso de indisponibilidade do principal) enquanto o link de maior capacidade disponível (100Mbps) torna perfeitamente operacional o tráfego adicional de pacotes de dados resultantes da digitalização e transmissão da voz.

Como implementação futura pretendemos realizar os testes de conectividade entre a solução de telefonia digital interna, apresentada como proposta inicial desse trabalho, integrando-se com o recurso de conectividade externa por meio do serviço VoIP (fone@RNP), um projeto desenvolvido com o objetivo de prover comunicação telefônica digital e se apresenta como uma alternativa acadêmica colaborativa gerenciada pela Rede Nacional de Ensino e Pesquisa - RNP disponibilizada às instituições vinculadas como o Instituto Federal do Piauí. Com essa expansão a ser executada como passo seguinte, será tecnicamente possível completar chamadas externas de longa distância por um custo mínimo por minuto nas ligações realizadas para os demais destinos que possuem instituições atendidas pelo serviço.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, Marcelo Pereira de. **Implantação de um sistema de telefonia IP em uma rede sem fio: VoIP móvel**. Niterói, RJ. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações) - Universidade Federal Fluminense, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. Gabinete do Ministro. Portaria nº 28, de 16 de Fevereiro de 2017. Dispõe sobre limites na contratação de bens de serviços. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 fev. 2017. p. 258.
- FEIL, G. S. **Comunicação: condição ou impossibilidade humana?** Galaxia (São Paulo, Online), n. 26, p. 48-59, dez. 2013.
- FOROUZAN, Behrouz A. **Comunicação de dados e redes de computadores**. São Paulo: Mcgraw Hill Brasil, 2006.
- KELLER, A. **Asterisk na prática**. Editora: Novatec, São Paulo Brasil, 2011. 2ª edição.
- MEC. **Ministério de Educação**: Rede Federal de Educação Científica e Tecnológica - 2016. Histórico.

Disponível <<http://redefederal.mec.gov.br/>> Acesso em: 29 mai. 2018.

MORAES, R. O.; FERNANDES R. B. **Tecnologia e forças competitivas**: estudo de caso sobre o VoIP em uma concessionária de telecomunicações. Revista Produção Online, v. 10, n. 2, p.297-324, 2010.

PRIMO, A F. T.; CASSOL, M. B. F. **Explorando o conceito de Interatividade**: definições e taxonomias. Informática na Educação: teoria & prática. Porto Alegre, v. 2, n. 2 p. 65-80, 1999.

ROCHA, A. F. **Evolução das redes telefônicas a partir de processos gradativos de modificação de topologia de rede e conversão de centrais**. Cad. CPQD Tecnologia, v1, p. 61-70, 2005. Disponível em: <[http://comunidade.cpqd.com.br/cadernosdetecnologia/Vol1\\_N1\\_jan\\_dez\\_2005/pdf/artigo4\\_Rocha.pdf](http://comunidade.cpqd.com.br/cadernosdetecnologia/Vol1_N1_jan_dez_2005/pdf/artigo4_Rocha.pdf)>. Acesso em: 28 jul. 2018.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. Tradução da 4rd. Ed. em inglês. Editora Campus. 2003.

VERAS, R; Júnior, M.F.S. **Mecanismos de segurança para ambientes VoIP**. In: III – Seminário De Redes E Sistemas De Telecomunicações Instituto Nacional De Telecomunicações – Inatel, São Paulo, 2015.

VETTER, Murilo. **Sistema de Monitoramento de Qualidade em Serviços de Telefonia IP**. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Ciências da Computação) UFSC, Florianópolis, SC, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/135978>>. Acesso em: 29 jul. 2018.

## SIMULAÇÃO NUMÉRICA PARA ANÁLISE DE DEFLEXÕES E TENSÕES EM PLACAS FINAS DE AÇO E DE MATERIAIS COMPÓSITOS SUBMETIDAS A ESFORÇOS DE FLEXÃO

**João Vítor de Azambuja Carvalho**

Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Engenharia Rio Grande – Rio Grande do Sul

**Daniel Helbig**

Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Engenharia Rio Grande – Rio Grande do Sul

**RESUMO:** As evoluções no desenvolvimento de materiais compósitos possibilitam cada vez mais o seu uso. Algumas das ferramentas que contribuíram para essa evolução foram o Método dos Elementos Finitos e as ferramentas de simulação numérica, pois possibilitaram a avaliação do comportamento e da resistência desses materiais ainda na fase de projeto. Esses métodos permitem ao pesquisador conhecer de maneira muito próxima o comportamento dos elementos e das estruturas, porém, como são métodos aproximados, não se pode esperar que os resultados sejam exatamente iguais aos reais. Este trabalho procura analisar o comportamento mecânico de placas finas de materiais compósitos laminados reforçados por fibras submetidas a esforços de flexão, comparando-as com o de uma placa de aço. Para a modelagem computacional do problema utilizou-se o software Abaqus 2017 Student Version® cuja base está fundamentada no

Método dos Elementos Finitos. Na sequência, busca-se comparar os resultados obtidos neste trabalho com os encontrados por Helbig et al. (2013). A análise dos dados, através de duas diferentes ferramentas computacionais disponíveis no mercado, tem como objetivo verificar a coerência e a equivalência entre os resultados. Pôde-se verificar que os dados obtidos neste trabalho e por Helbig et al. (2013) no software Ansys® apresentaram equivalência entre si e deles para com a solução analítica desenvolvida para o problema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Simulação Numérica. Modelagem Computacional. Materiais Compósitos. Abaqus.

**NUMERICAL SIMULATION FOR THE ANALYSIS OF DEFLECTIONS AND STRESSES IN THIN STEEL PLATES AND COMPOSITE MATERIALS SUBMITTED TO BENDING EFFORTS<sup>1</sup>**

**ABSTRACT:** The evolution in the development of composite materials increases their use. Some of the tools that contributed to this evolution were the Finite Element Method and numerical simulation tools, as they enabled the evaluation of the behavior and resistance of these materials still in the design phase. These methods allow the researcher to know

<sup>1</sup> Publicado inicialmente em Scientia Plena, vol.15, n.4, Abril/2019, doi: 10.14808/sci.plena.2019.049916

very closely the behavior of the elements and structures, but as they are approximate methods, the results can not be expected to be exactly the same as the real ones. This work aims to analyze the mechanical behavior of thin sheets of composite materials reinforced by fibers subjected to bending efforts, comparing them with that of a steel plate. For the computational modeling of the problem we used the software Abaqus 2017 Student Version® based on the Finite Element Method. The results obtained in this work are compared with those found by literature. The data analysis, through two different computational tools available in the market, aims to verify the consistency and the equivalence between the results. It could be verified that the data obtained in this work and by literature in Ansys® software presented equivalence among them and with them to the analytical solution developed for the problem.

**KEYWORDS:** Numerical Simulation, Computational Modeling, Composite Materials.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os avanços nas áreas de ciências dos materiais proporcionam o uso mais consciente e efetivo dos materiais. Nesse contexto encontram-se os materiais compósitos, dos quais consegue-se extrair propriedades úteis a diversas áreas da Engenharia. Esses, são formados por laminações de diferentes materiais, tais como polímeros, materiais fibrosos e ligas metálicas. Os *Fiber Reinforced Polymer Composites* (FRPs) ganham espaço e sua utilização em placas finas passa a ser uma possibilidade interessante.

Através da simulação numérica consegue-se aferir quais os pontos críticos de modelos desenvolvidos com esses materiais. Esta estuda as tensões e deformações ao longo do modelo e avalia qual a resistência em flexão e rigidez (Teixeira, 2014). Um dos métodos de simulação numérica é o Método dos Elementos Finitos (MEF), utilizado em diversos softwares, dentre os quais: o Abaqus® e o Ansys®.

O erro é inerente a todos os métodos numéricos. Ainda assim, é útil a avaliação dos resultados em duas ferramentas diferentes a fim de que se compreenda melhor os dados obtidos e se possa ter uma avaliação se esses apresentam equivalência.

Serão realizadas simulações numéricas, com o auxílio do Abaqus®, com o objetivo de analisar e comparar o comportamento mecânico de placas finas de aço e de materiais compósitos laminados reforçados por fibras submetidos a esforços de flexão. Os resultados servirão para a comparação com os obtidos por Helbig et al. (2013), que faz uso do Ansys®. Espera-se que estes possam ser equivalentes.

## 2 | MATERIAIS COMPÓSITOS

Materiais compósitos são aqueles em que dois ou mais materiais são combinados com o objetivo de constituir um terceiro material útil. Esses materiais são comumente classificados como: materiais compósitos fibrosos, materiais compósitos laminados,

materiais compósitos particulados e combinações dos três tipos (Jones, 1999).

Esses materiais podem ser constituídos através de ligações mecânicas ou químicas e tipicamente são encontrados na forma de inclusões suspensas em uma matriz, elemento responsável pela transmissão dos esforços para as fibras. O reforço por sua vez tem impacto direto nas características mecânicas do material e na sua fabricação. Os materiais constituintes mantêm suas características e, normalmente, é possível identificá-los fisicamente, de forma que existe uma interface entre eles (Bower, 2000).

Existem, por exemplo, matrizes metálicas, cerâmicas, de carbono e cimentícias, embora as mais utilizadas sejam as poliméricas. Os materiais compósitos de matriz polimérica podem ser divididos em duas categorias principais: as termoplásticas e as termo-endurecíveis. Os reforços, por sua vez, dividem-se em três categorias. Existem materiais reforçados por fibras (como os utilizados para o desenvolvimento deste trabalho), compósitos particulados e compósitos estruturais (Teixeira, 2014).

Segundo Jones (1999), os principais benefícios na utilização desses materiais estão associados a resistência e rigidez. Normalmente, essas características são expressas em termos relativos, dividindo-as pela densidade. Os valores para as propriedades dos materiais constituintes variam de acordo com o ângulo de colocação das fibras entre  $0^\circ$  (no sentido das fibras, cujo valor é máximo) e  $90^\circ$  (perpendicular as fibras, cujo valor é mínimo).

### 3 | MODELO COMPUTACIONAL

Com o objetivo de simular o comportamento mecânico de placas finas para diferentes materiais e composições, desenvolveu-se no Abaqus®, cuja base é o MEF, o modelo computacional. O MEF consiste na divisão do domínio de integração, chamada rede de elementos finitos, e os pontos de interseção entre as linhas da malha são denominados nós (Isoldi, 2008). O comportamento de cada elemento é determinado de forma que a malha se comporte da maneira mais semelhante possível ao contínuo original (Helbig et al., 2013).

Para a modelagem computacional, foi utilizado o elemento S8R: elemento quadrilateral, com 8 nós, análise de deformações e tensões convencional e integração reduzida. Para o S8R podem ser determinadas camadas de materiais compósitos, suas propriedades mecânicas, assim como a espessura e a angulação das diferentes camadas interpostas. Este é composto de 8 nós e 6 graus de liberdade, deslocamento nos eixos x, y e z e rotação nos eixos x, y e z (Dassault Systemes, 2015).

A definição da malha para a análise do problema é fator crucial para a obtenção de bons resultados. Neste trabalho, a malha será formada por 800 nós, para efeito de comparação com os resultados obtidos por Helbig et al. (2013). Ressalte-se que a quantidade de nós acima especificada possibilita a utilização da versão estudantil

do software Abaqus® (Abaqus 2017 Student Version®), limitada a 1000 nós.

O modelo computacional utilizado analisará as tensões e as deflexões em placas finas engastadas nas quatro bordas e submetidas a um carregamento uniforme distribuído. Este apresenta as mesmas características utilizadas em Helbig et al. (2013), o que possibilita a comparação dos resultados.

#### 4 | VERIFICAÇÃO DO MODELO

Para a verificação do modelo computacional foi utilizado uma placa de aço, isotrópica, quadrada de 0,50 m de lado, com espessura de  $5,00 \times 10^{-3}$  m e engastada nas quatro bordas. Para o aço, foram consideradas as propriedades: módulos de elasticidade  $E = 210,00$  GPa e  $G = 80,80$  GPa e coeficiente de Poisson  $\mu = 0,30$ . Foi aplicado sobre a placa um carregamento uniforme distribuído de 100,00 Pa. Adotou-se para a simulação numérica o elemento S8R do Abaqus®, utilizado para o cálculo de placas e cascas, considerando-se uma placa formada por quatro camadas de igual espessura, para efeito de comparação com o resultado analítico de Timoshenko e Woinowsky-Krieger (1959) para o cálculo da máxima deflexão. A solução analítica apresenta uma deflexão máxima de  $3,276 \times 10^{-3}$  m e, a numérica, de  $3,287 \times 10^{-3}$  m, ou seja, uma diferença de 0,33%, o que verifica o modelo computacional proposto.

#### 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizou-se a simulação numérica, com o auxílio do Abaqus®, para comparar o comportamento mecânico de placas finas de aço e de materiais compósitos laminados reforçados por fibras com os de Helbig et al. (2013). Considerou-se, como domínio computacional, uma placa de dimensões (0,20 x 0,10 x 0,01) m respectivamente comprimento, largura e espessura, como pode ser visto na Fig.(1). Esse foi discretizado por uma malha quadrada de tamanho  $5,00 \times 10^{-3}$  m, com 800 elementos do tipo *shell* S8R. A placa está engastada nas quatro bordas e submetida a um carregamento uniforme distribuído de 0,20 MPa.

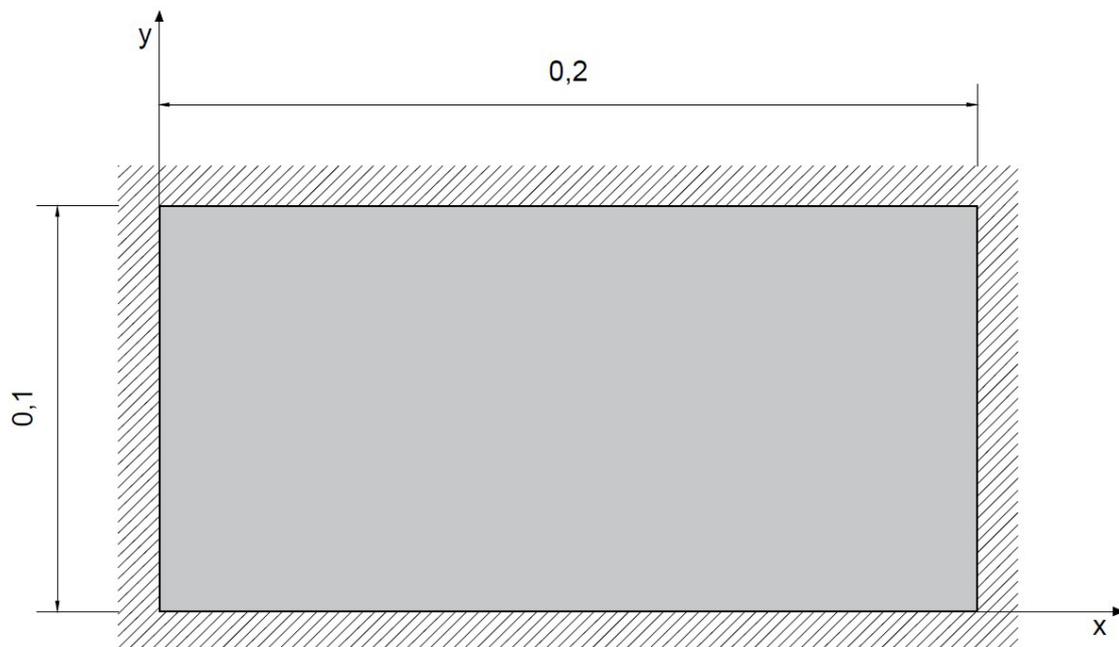


Figura 1: Domínio Computacional.

As propriedades mecânicas para o aço e para os materiais compósitos são apresentadas na Tab.1 (Helbig et al., 2013) e os esquemas de laminação na Tab. 2.

Propriedades	Materiais				
	Aço (A)	Vidro E/ Epóxi (B)	Boro/ Epóxi (C)	Tecido de Vidro/ Epóxi (D)	Boro/ Alumínio (E)
$E_x$ (GPa)	210,00	39,00	201,00	29,70	235,00
$E_y$ (GPa)	210,00	8,60	21,70	29,70	137,00
$E_z$ (GPa)	210,00	8,60	21,70	29,70	137,00
$G_{xy}$ (GPa)	80,80	3,80	5,40	5,30	47,00
$G_{yz}$ (GPa)	80,80	3,80	5,40	5,30	47,00
$G_{zx}$ (GPa)	80,80	3,80	5,40	5,30	47,00
$\mu_{xy}$	0,30	0,28	0,17	0,17	0,30
$\mu_{yz}$	0,30	0,28	0,17	0,17	0,30
$\mu_{zx}$	0,30	0,28	0,17	0,17	0,30

Tabela 1: Propriedades dos Materiais

Casos	Laminação	Materiais
1	-	(A)
2	[0/90/90/0]	(B),(C),(D) e (E)
3	[90/0/0/90]	(B),(C),(D) e (E)
4	[0/90/0]	(B),(C),(D) e (E)
5	[90/0/90]	(B),(C),(D) e (E)
6	[45/-45/-45/45]	(B),(C),(D) e (E)
7	[45/-45/45]	(B),(C),(D) e (E)

Foram adotados, para os casos 2, 3 e 6, esquemas de laminação compostos por quatro camadas de  $2,50 \times 10^{-3} \text{m}$ , e para os casos 4, 5 e 7, laminação antissimétrica com três camadas de  $3,33 \times 10^{-3} \text{m}$ . Como exemplo, ver Fig.(2).

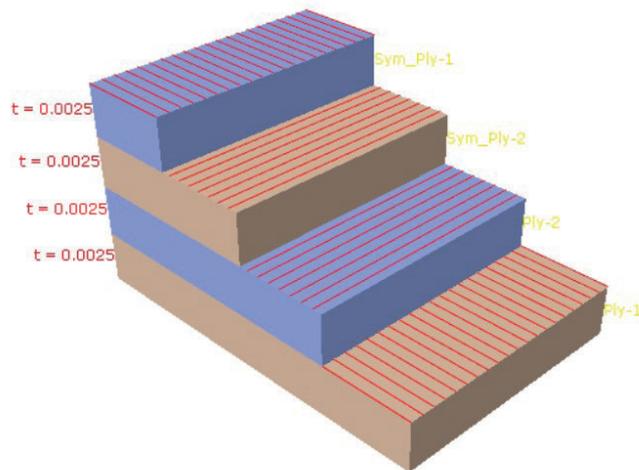


Figura 2: Laminação do caso 2.

Cabe salientar que este trabalho não tem como objetivo verificar a resistência do material compósito ou de suas camadas, logo não há considerações quanto à ruptura das fibras ou da matriz.

A Fig.(3a) mostra os valores máximos para as deflexões neste trabalho e a Fig. (3b) mostra os de Helbig et al. (2013).

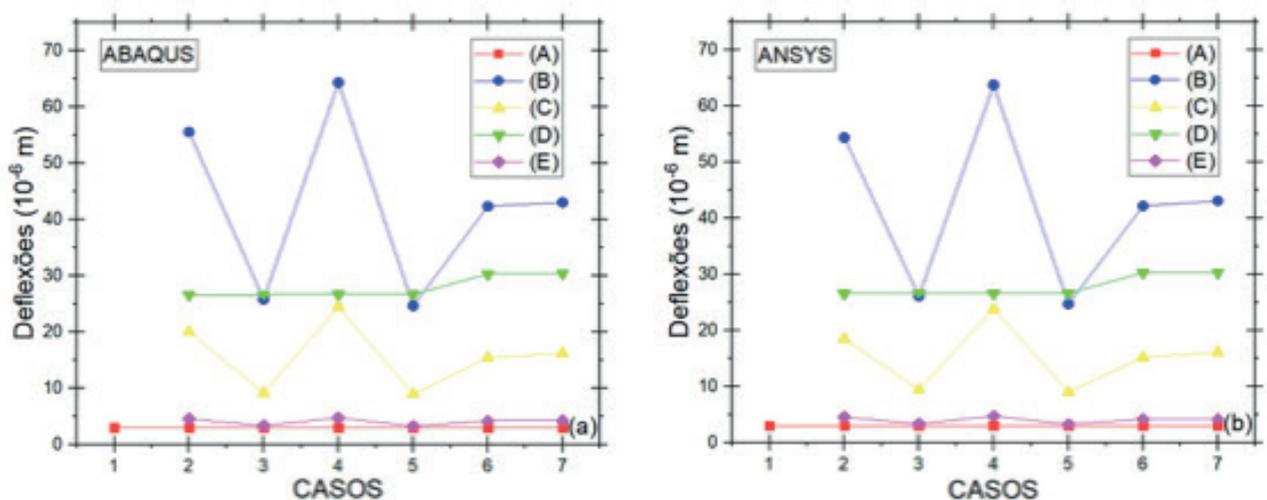


Figura 3: Gráficos de deflexões máximas - Abaqus® (à esquerda) e Ansys® (à direita).

Observa-se na Fig.(3a,b), que os resultados obtidos apresentam comportamento gráfico semelhante aos de Helbig et al. (2013). Quanto aos resultados numéricos, as maiores diferenças referem-se ao material compósito Boro/Epóxi (C), sendo de 7,68% e -2,93%, respectivamente casos 2 e 3.

A Fig.(3a,b) mostra que as menores deflexões, porém maiores que as do aço, referem-se ao material compósito (E) nos casos 3 e 5. As deflexões máximas foram obtidas para o material compósito (B) e caso 4, no Abaqus® e no Ansys®. Quando comparadas com as da placa de aço, são respectivamente 2039,96% e 2019,60% superiores. Por outro lado, as mínimas são superiores 8,21% e 7,97%, respectivamente.

Quando considera-se o número de camadas, as máximas referem-se ao caso 4, para os materiais compósitos (B), (C) e (E) com três camadas, e as mínimas ao caso 5 com quatro camadas.

Os valores máximos para as tensões de von Mises são apresentados na Fig. (4a) e na Fig.(4b) os obtidos por Helbig et al. (2013). Essa mostra que os resultados encontrados são coerentes com os de Helbig et al. (2013). As maiores diferenças são de 5,54% e -2,20%, respectivamente para o composto Boro/Epóxi (B), caso 2, e Tecido de Vidro/Epóxi (D), caso 6.

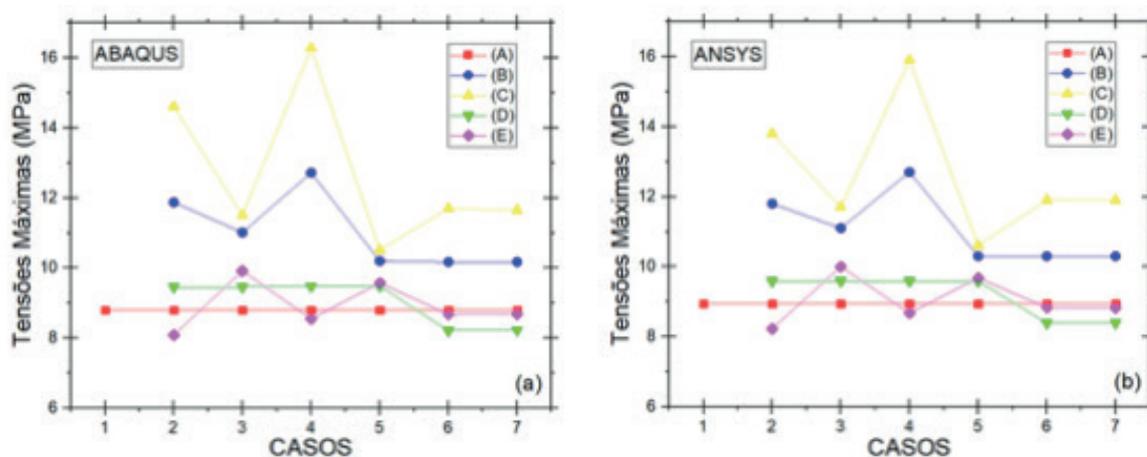


Figura 4: Gráficos de tensões máximas - Abaqus ® (à esquerda) e Ansys® (à direita).

Observou-se que apenas os materiais compósitos (E), nos casos 2, 4, 6 e 7, e (D), nos casos 6 e 7, apresentaram tensões menores que as da placa de aço. Dentre os outros, e para todos os casos considerados, obteve-se valores maiores do que os da placa de aço. Os valores máximos encontrados, em ambos os softwares, foram para o material compósito (C) e caso 4, superiores 85,13%, no Abaqus®, e 77,85%, no Ansys®, aos valores para o aço. Por outro lado, as tensões mínimas foram para o material compósito (E) e caso 2, respectivamente 8,06% e 7,94% inferiores à da placa de aço. A Fig.(5) mostra a distribuição de tensões de von Mises para uma

placa de material compósito (C), considerando os casos 4 e 7.

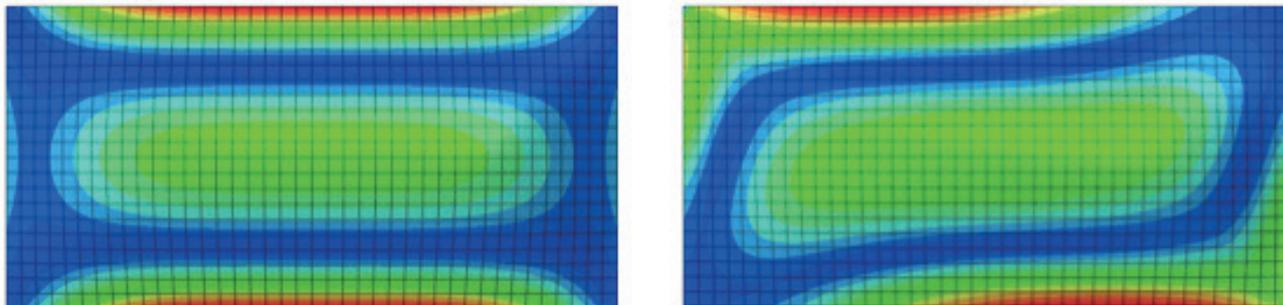


Figura 5: Distribuição de tensões no material compósito (C), caso 4 (à esquerda) e caso 7 (à direita).

Para todos os casos considerados, os maiores valores de tensões correspondem ao material compósito (C). Em relação à orientação das fibras, para os materiais compósitos (B), (D) e (E), foram encontrados valores inferiores quando colocadas à 45°. Quanto à laminação obteve-se para os materiais compósitos (B) e (C) valores superiores aos demais nos casos com três camadas e orientação perpendicular das fibras.

## 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente utilização de materiais compósitos reforçados por fibras em projetos estruturais os torna tema de grande relevância nas diversas áreas da engenharia.

Foi possível comprovar que placas de material compósito laminado reforçado por fibras apresentam deflexões maiores que as de uma placa de aço. Demonstrou-se que existem situações, casos 2 e 4 para o material compósito (E) e casos 6 e 7 para o material compósito (D), onde as tensões são inferiores às encontradas para uma placa de aço. Logo, considerando que as placas com materiais compósitos laminados reforçados por fibras apresentam menor peso e maior resistência à corrosão, dentre outras vantagens, pode-se afirmar que estes são excelente opção para uso na construção de estruturas navais e offshore, aeroespaciais e na construção civil.

Os resultados obtidos para deflexões e tensões são próximos aos encontrados em Helbig et al. (2013). Constatou-se também que o comportamento mecânico de placas compósitas laminadas reforçadas por fibras pode sofrer alterações significativas em função da disposição das lâminas e do número de camadas, o que justifica a continuação de pesquisas nesta área.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à FURG e à Profa Raquel Nicolette pela colaboração.

## REFERÊNCIAS

Bower, M. V. **Composite Materials**. Huntsville, Alabama: The University of Alabama in Huntsville, 2000. 121 p.

Dassault Systemes. **Abaqus 2016 online documentation** [Computer software manual]. 2015. Disponível em: <<http://abaqus.software.polimi.it/v2016/books/usb/default.htm>>. Acessado em: Julho 09, 2018.

Helbig, D., Silva, C. C. C., Real, M. D. V., Vaz, J., Rocha, L. A. O., Santos, E. D., & Isoldi, L. A. **Análise Numérica do Comportamento Mecânico sob Flexão de Placas Finas de Material Compósito Laminado Reforçado por Fibras**. *Vetor*, v. 23, n. 2, p. 5–15, 2013.

Isoldi, L. A. **Análise Estática e Dinâmica de Estruturas e Materiais Compostos Laminados Incluindo Materiais Piezelétricos**. 197 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

Jones, R. M. **Mechanics of composite Materials**. 2<sup>o</sup> ed. Blacksburg, Virginia: Taylor & Francis, 1999. 421 p.

Teixeira, A. R. P. **Design of a Composite Chassis Car**. 112 p. Dissertação (Mestrado). Universidade do Porto, 2014.

Timoshenko, S. P.; Woinowsky-Krieger, S. **Theory of plates and shells**. McGraw-hill, 1959. 591 p.

## SIMULAÇÃO DE ÁREA DE CONVERGÊNCIA NUVEM-HPC

**Alessandro Kraemer**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Departamento de Computação  
Campo Mourão – Paraná

**RESUMO:** O estudo de sistemas de computação em larga escala frequentemente requer avaliação por meio de simulação. Entretanto, alguns mecanismos podem não estar disponíveis nas ferramentas de simulação. O desenvolvimento desses mecanismos pode ser uma tarefa complicada. O tema área de convergência nuvem-HPC foi recentemente apresentado à comunidade científica, e devido a isso seus recursos não estão implementados em ferramentas de simulação. No contexto de convergência, escalonadores de centrais de dados realizam previsão de tempo de resposta e usam fluxos de controle para migração de aplicação visando reduzir o número de violações. Neste artigo é apresentada uma arquitetura de sistemas de simulação para área de convergência. Apresentam-se também um simulador desenvolvido e os modelos de representação de plataforma e aplicação. Uma simulação é avaliada por meio de um experimento *in silico*.

**PALAVRAS-CHAVE:** área de convergência, centrais de dados, simulação.

**SIMULATION OF CLOUD-HPC  
CONVERGENCE AREA**

**ABSTRACT:** The study of large-scale computing systems often mandates evaluation by simulation. However, some mechanisms may not be available in simulation tools. The development of those mechanisms can be a complicated task. The topic of the cloud-HPC convergence area was presented recently for the scientific community, and due to it, their resources are not implemented in simulation tools. In the context of the convergence area, datacenters' schedulers predict response times for applications and use control flows for application migration to reduce the number of violations. This paper shows a simulation system architecture for the convergence area. It also shows a simulator developed and the models for platform and application representation. A simulation is evaluated by an *in silico* experiment.

**KEYWORDS:** convergence area, datacenter, simulation.

### 1 | INTRODUÇÃO

A Computação de Alto Desempenho (*HPC – High Performance Computing*) vem permitindo à ciência avançar rapidamente em muitas áreas do conhecimento. Por sua vez, as tecnologias de computação em nuvem

proporcionam o acesso a recursos computacionais a muitos usuários. Ambas as tecnologias proporcionam ambientes de computação de larga escala em centrais de dados, embora sejam usadas para propósitos distintos. Enquanto tecnologias de nuvem proporcionam computação diversa ao público como meio de negócio, tecnologias puramente HPC têm objetivo científico e seus usuários são especializados.

Em centrais de dados é frequente a implantação separada de plataformas HPC e de nuvem em um mesmo supercomputador. Em geral, cada plataforma gerencia uma fila de entrada de aplicações, tem seu próprio domínio de processadores, memória e rede de comunicação.

A fim de reduzir o número de violações de tempo de resposta de aplicações em centrais de dados, foi proposto em Kraemer et al. (2016) uma área de convergência nuvem-HPC. Para experimentos de simulação nesse contexto foi desenvolvido o CArS (*Convergence Area Scheduler* – Escalonador de Área de Convergência), que é apresentado neste artigo.

Apresentam-se a área de convergência na Seção 2, alguns programas simuladores na Seção 3, uma descrição geral do simulador CArS na Seção 4, modelos de definição de plataforma e aplicações na Seção 5, o gerenciamento de aplicações e o escalonamento realizados pelo simulador na Seção 6, seguidos de um experimento de avaliação onde visa-se reduzir o número de violações de tempo de resposta em um cenário de convergência nuvem-HPC.

## 2 | ÁREA DE CONVERGÊNCIA NUVEM-HPC

Define-se área de convergência nuvem-HPC em centrais de dados como um conjunto delimitado de processadores no qual está habilitada a migração de aplicações de plataformas de nuvem para plataformas HPC. Cada plataforma gerencia sua própria fila de entrada de aplicações e possui um escalonador. Uma área de convergência pode ser estática ou dinâmica em termos de número de processadores, podendo envolver processadores de partições de nuvem, partições de HPC e processadores fora dessas partições.

Os fluxos de controle de aplicação na Central de Dados determinam rotas para aplicações na área de convergência, sendo importantes à tomada de decisão de cada escalonador. Os escalonadores envolvidos possuem funções adicionais que permitem prever o tempo de resposta de aplicações e tomar decisões sobre migração considerando esses fluxos. O tempo de resposta é o principal critério em área de convergência. Os fluxos possíveis e dados necessários à tomada de decisão sobre aplicações são apresentados em Kraemer (2017).

### 3 | TRABALHOS RELACIONADOS

A área de convergência foi introduzida à comunidade científica por meio dos trabalhos Kraemet et al. (2016) e Kraemer et al. (2017). A comparação entre simuladores é uma tarefa difícil, devido a esse conhecimento ser recente e outros simuladores não implementarem características específicas de gerenciamento de tempo.

Considera-se que um programa simulador de área de convergência deve ter capacidade de previsão de tempo de resposta de aplicação no grid, por meio de escalonadores no Sistema de Gerenciamento de Tarefas e Recursos (RJMS – *Resource Job and Management System*). Neste sentido, buscou-se nesta Seção comparar o CARs em relação a outros simuladores, verificando principalmente o gerenciamento de tempo de resposta desses simuladores.

Casanova et al. (2014) apresentam várias abordagens de simuladores de aplicações e plataformas. Nesse estado da arte destacam-se os simuladores PSINS, LogGOPSim e BigSim, por apresentarem a trajetória de execução da aplicação. Essa representação torna possível a implementação de verificação de tempo de resposta. O BigSim, em especial, consegue prever desempenho de aplicação. Porém, esses simuladores não representam grids de computação, que os tornam limitados de representação de área de convergência. Outra limitação está relacionada com o tipo de aplicação. Esses simuladores representam aplicações MPI, enquanto na área de convergência não há tipo específico de arcabouço considerado.

Outros simuladores bem conhecidos na atualidade, tais como CloudSim e GridSim, não apresentam a trajetória da aplicação, impedindo dessa maneira o gerenciamento de tempo de resposta de cada aplicação. A tabela 1 apresenta um resumo das características necessárias à área de convergência e as compara com os recursos disponíveis em outros simuladores.

Simulador	Computação em grid	Trajétoria de execução da aplicação	Previsão de tempo de resposta	Verificação de violação de tempo	Representação nuvem-HPC
PSINS		X			
LogGOPSim		X			
BigSim		X			
CloudSim	X		X		
GridSim	X				
CArS	X	X	X	X	X

Tabela 1. Comparação de simuladores considerando características de área de convergência.

## 4 | DESCRIÇÃO GERAL DO SIMULADOR CARS

O simulador desenvolvido para representar uma área de convergência nuvem-HPC chama-se CArS (***Convergence Area Scheduler*** - Escalonador de Área de Convergência), disponível em <https://gforge.inria.fr/projects/cars/>. Esse programa é uma ramificação do RJMS OAR para escalonamento em lote e está sobre a licença do *Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique* (INRIA). Sugere-se o trabalho Margery et al. (2014) para entendimento do OAR. Detalham-se a seguir a arquitetura do simulador CArS e suas principais características.

### 4.1 Arquitetura do Sistema

As plataformas de computação simuladas utilizadas pelo CArS são criadas por meio de um simulador base conhecido como Simgrid (*Grid Simulator* - Simulador de grids). Para prover a comunicação entre um escalonador e o Simgrid, pesquisadores do INRIA - MOAIS (*prograMming and scheduling design fOr Applications in Interactive Simulation* - Projeto de Escalonamento e Programação para Aplicações em Simulação Interativa) desenvolveram o BatSim (*Batch Scheduler Simulator* - Escalonador de Aplicações em Lote). Nessa arquitetura, o CArS é um escalonador incorporado ao BatSim.

### 4.2 Caracterização do Simgrid

O Simgrid surgiu em 1999 para simular escalonamentos offline de gráficos (CASANOVA et al., 2014). A classe de experimentação suportada por este simulador é *in silico*, caracterizada por utilizar dados reais e não apenas dados de simulações matemáticas. Uma característica de destaque nesse simulador é a capacidade de representar toda a trajetória temporal da aplicação na plataforma simulada. Atualmente, o tSimgrid tem suporte para simulação de grids, nuvens, HPC, P2P (*Peer-to-Peer* - Ponto-a-Ponto) e MPI (Message Passing Interface - Interface de

Passagem de Mensagem). As simulações são escritas em linguagem Java, C, Lua ou Ruby. A maior parte dos seus programas é distribuída com a licença L-GPL 2.1. (*Lesser General Public License* - Licença Pública Geral Menor).

### 4.3 Caracterização do Batsim

O BatSim (*Batch Scheduler Simulator* - Escalonador de Aplicações em Lote) é um simulador de RJMS (*Resource and Job Management System* - Sistema Gerenciador de Tarefas e Recursos) que habilita incorporação de um escalonador externo (DUTOT et al., 2016). O desenvolvimento do BatSim foi iniciado no INRIA em 2015 e está codificado em linguagem C++. Sua validação foi realizada em ambiente real, na central de dados Grid'5000 do governo francês.

O BatSim é orientado a eventos, sendo que existem somente dois eventos tratados no sistema: um para indicar que uma nova aplicação foi recebida na fila de espera e outro para indicar o término dela. Um escalonador incorporado considera esses eventos para tomadas de decisão. De um lado, o BatSim integra-se com o Simgrid para instanciar plataformas de computação; e de outro lado, ele abre um *socket unix* para comunicar-se com um escalonador incorporado, que passa a gerenciar as aplicações. O CARs é um exemplo de escalonador incorporável. Essa integração tem como objetivo tornar mais flexível, em termos de linguagem de programação e definição de aplicações, o desenvolvimento e a experimentação de novos escalonadores.

O protocolo de comunicação entre o BatSim e o escalonador incorporado define o formato de uma mensagem como `ILT | DATA: TIPO_OPERAÇÃO : OPERAÇÃO`, onde:

- **ILT** é o intervalo na linha de tempo (ou relógio do sistema), com especificação de início e fim;
- **DATA** é o instante exato para execução da operação;
- **TIPO\_OPERAÇÃO** é um parâmetro que depende de qual programa está enviando a mensagem. Caso seja o escalonador incorporado, têm-se os parâmetros: J (para alocar aplicação) ou R (para rejeitar aplicação). Caso seja uma mensagem do BatSim, tem-se: NOP (nenhuma operação sendo executada no momento), S (submissão de aplicação) ou C (aplicação completa/finalizada).

Para exemplificar uma mensagem, segue um caso onde o escalonador incorporado solicita a execução da aplicação de código 1 nos processadores {0,1,2} e a aplicação de código 2 no processador {3}. Assim, mais de uma aplicação pode ser informada no intervalo de tempo da mensagem entre 0 e 25.836709. As aplicações de código 1 e 2 serão executadas no instante 25.836709, como representado nesta mensagem:

#### 4.4 Caracterização do Cars

O CArS é um escalonador incorporado ao BatSim. Esse simulador visa escalonar aplicações de nuvem e de HPC, assim como prever tempo de resposta e verificar violações. O desenvolvimento do CArS foi iniciado em 2016 como projeto de tese de doutorado. Para uso de simulação de centrais de dados são também necessários os arcabouços BatSim e Simgrid. A integração desses sistemas está representada na Figura 1. Enquanto o Simgrid simula os recursos computacionais, tais como processador, memória principal, rede de comunicação e outros, o BatSim atua como um *middleware* do Simgrid e como um RJMS, habilitando integração de um novo escalonador. O CArS incorpora-se ao BatSim via *socket unix* e recebe dados de eventos do ambiente, tal como a mensagem apresentada na Seção 4.3.

Os experimentos executados nessa integração de arcabouços são reprodutíveis. Nesse contexto, as aplicações são sempre recebidas no seu tempo programado e utilizam-se constantes de tempo que impactam no tempo de processamento delas. Isso significa que os resultados são repetidos em novas simulações que utilizam a mesma carga de trabalho e a mesma configuração de ambiente.

## 5 | MODELOS DE SIMULAÇÃO

Para simulação de uma central de dados é necessária a definição de um arquivo de plataforma e a definição de um arquivo de carga de trabalho. A definição de plataforma é realizada em formato XML, tal como o exemplo de configuração apresentado na Figura 2. A carga de trabalho é definida em formato JSON, tal como apresentado na Figura 3.

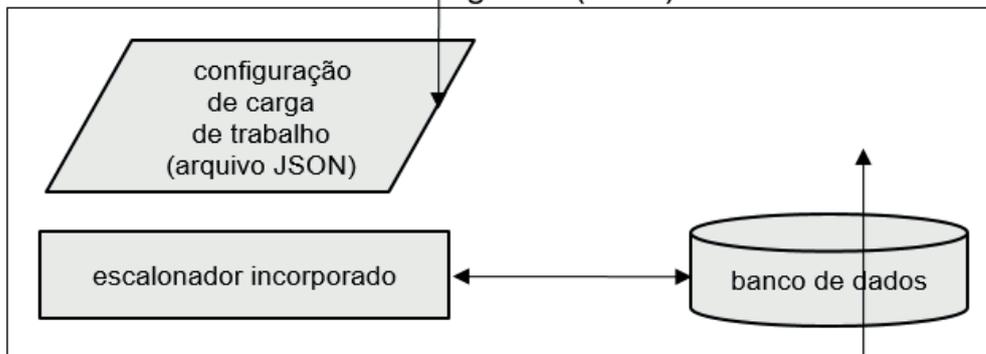
```

<?xml version='1.0'?>
<!DOCTYPE platform SYSTEM "http://simgrid.gforge.inria.fr/simgrid.dtd">
<platform version="3">
<AS id="AS0" routing="Full">
  <host id="master_host" power="98.095Mf"/>
  <host id="Jupiter" power="76.296Mf"/>
  ...
  <link id="6" bandwidth="41.279125Mbps" latency="59.904us"/>
  ...
  <route src="master_host" dst="master_host"><link_ctn id="loopback"/></route>
  <route src="Jupiter" dst="Jupiter"><link_ctn id="loopback"/></route>
  <route src="master_host" dst="Jupiter">
    <link_ctn id="6"/>
  </route>
  ...
</AS>
</platform>

```

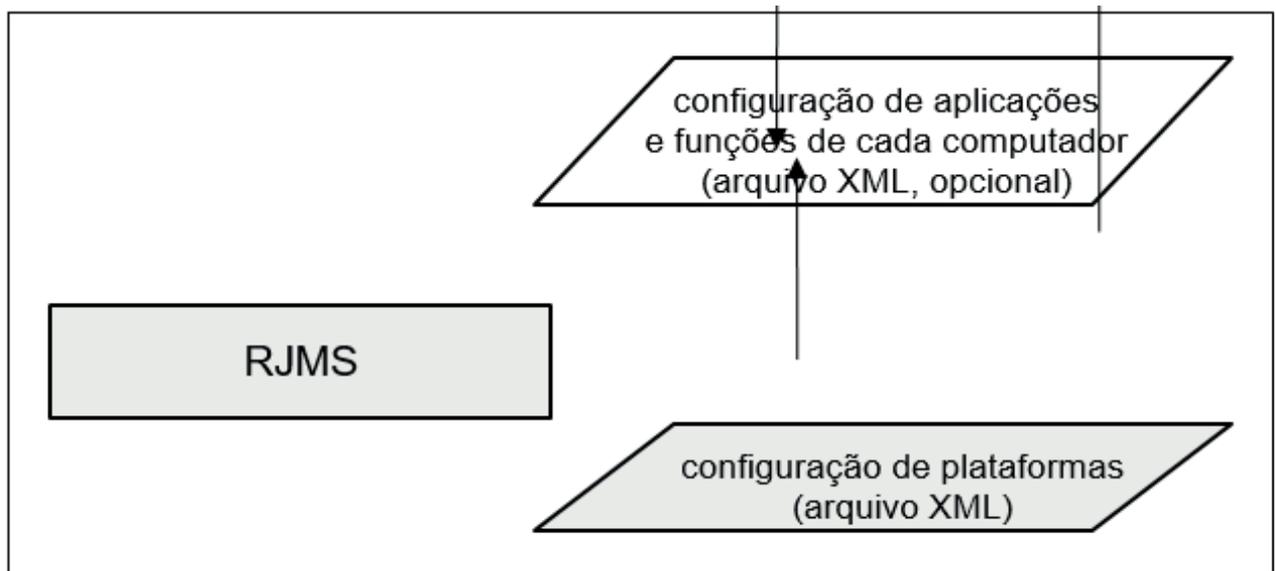
Figura 2. Exemplo de arquivo XML para configuração de uma plataforma no BatSim e no Simgrid. Neste exemplo constam as definições dos *hosts master* e *jupiter* em termos de *megaflop*, assim como a definição do enlace que os conecta e da largura de banda.

### Escalonador de área de convergência (CArS)

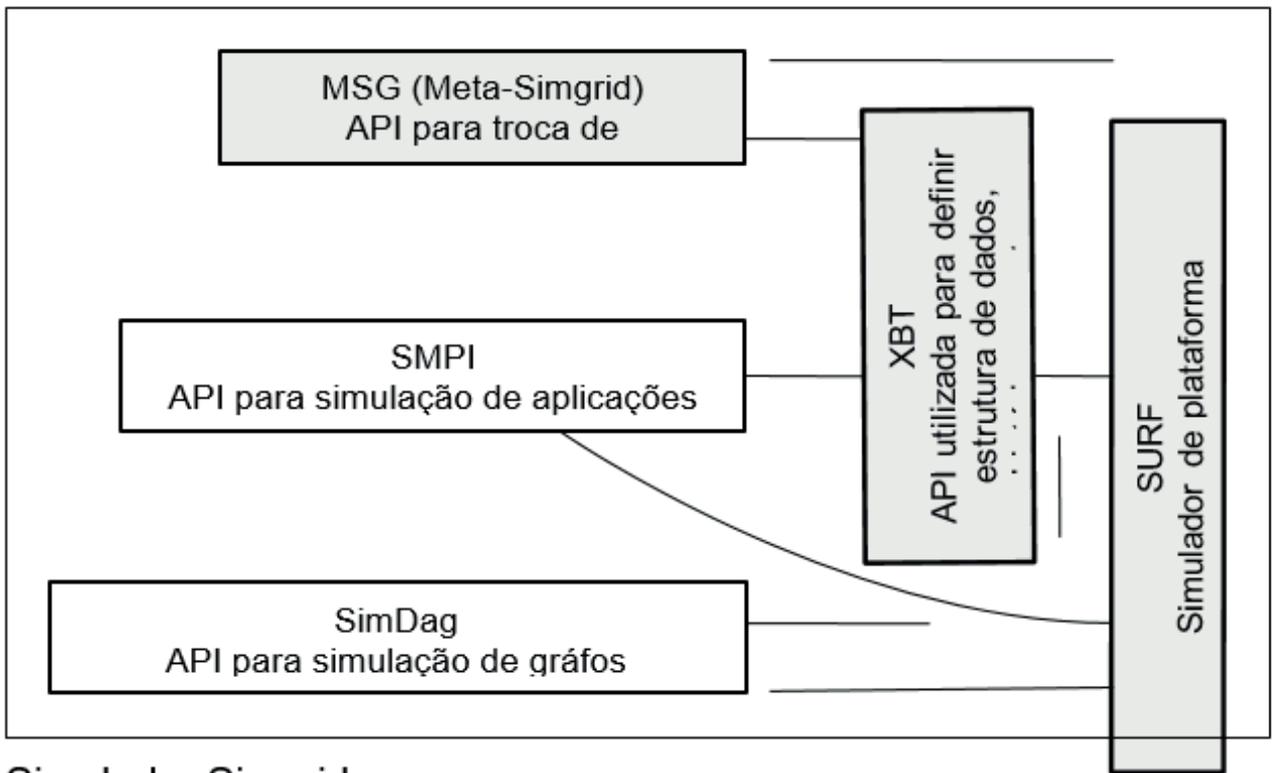


socket Unix  
(protocolo próprio)

### Simulador BatSim



importação de bibliotecas



## Simulador Simgrid

Figura 1. Integração de arcabouços para simulação de escalonamento de aplicações com verificação de violação de tempo de resposta.

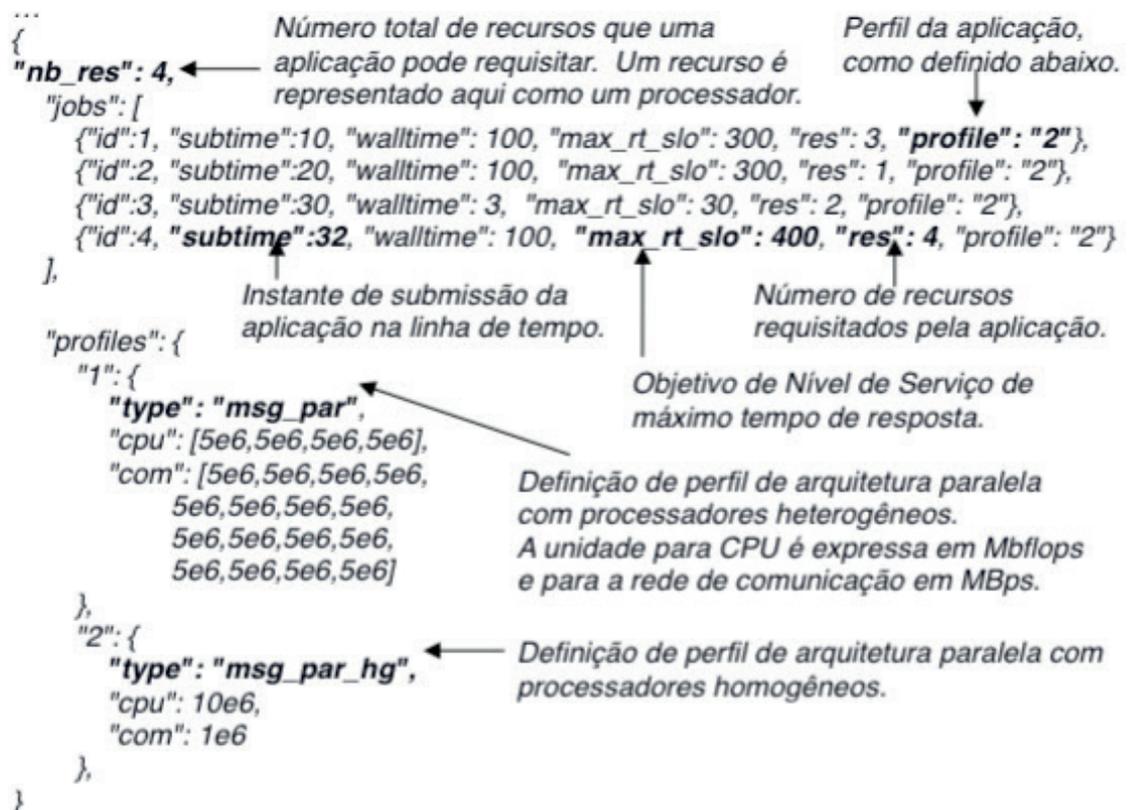


Figura 3. Exemplo de arquivo JSON de configuração de carga de trabalho.

O formato padrão para especificação de cargas de trabalho em grids é o SWF (*Standard Workload Format* - Formato Padrão de Carga de Trabalho). Entretanto, o BatSim e o CArS adotam a especificação apresentada na Figura 3, em formato JSON. Uma razão para isto é que no formato JSON foram acrescentados mais campos sobre aplicações, tal como o limite de tempo de resposta e o perfil da aplicação (i.e. paralela, homogênea ou heterogênea). Assim, para simulação de área de convergência, o arquivo SWF deve ser convertido para JSON. Para realizar essa conversão, utiliza-se o *script swf2json.py*, disponível no CArS. Recomenda-se o repositório de cargas de trabalho SWF mantido por Feitelson (2019), por representar histórico de aplicações de diversos grids reais. Destaca-se que no CArS não há necessidade de especificação do tipo de arcabouço para execução da aplicação, tal como MPI. O arcabouço é, portanto, transparente na simulação.

Após a definição da carga de trabalho em JSON, demais aplicações podem ser inseridas na linha do tempo. As novas aplicações são inseridas em intervalos regulares, por meio do *script insert\_cloud\_job.py*. Dessa maneira, a carga de trabalho em JSON é atualizada, passando a representar aplicações submetidas de maneira esparsa, tal como ocorre em HPC, e também aplicações submetidas em frequência regular, tal como ocorre na nuvem Google (SHENG et al., 2012), por exemplo. Assim, tem-se a representação de aplicações para convergência nuvem-HPC.

Para inicialização de um experimento, basta acionar o BatSim e o CArS, passando como parâmetros o arquivo XML de definição de plataforma e o arquivo JSON de definição de carga de trabalho. Como resultado de um processo de simulação, são criados os seguintes arquivos:

- **out\_jobs.csv:** dados sobre o ciclo de vida da aplicação no sistema;
- **out\_jobs\_violated.csv:** dados sobre o número de aplicações violadas e os detalhes de cada violação;
- **out\_schedule.csv:** dados sobre o número de aplicações atendidas e detalhes do escalonador;
- **out\_violation\_prediction\_error.csv:** dados sobre todas as aplicações com erro de previsão, incluindo a previsão;
- **out\_violation\_prediction\_error\_g.csv:** dados sobre as aplicações violadas que não foram previstas;
- **out\_violation\_prediction\_error\_l.csv:** dados sobre as aplicações que foram previstas como violadas e que terminaram sem violação.

## 6 | GERENCIAMENTO DE APLICAÇÕES E ESCALONAMENTO

No CArS, a primeira etapa de convergência nuvem-HPC consiste na conciliação de propriedades de aplicação. Nesse processo, as propriedades de aplicações de nuvem são ajustadas para o formato aceito na plataforma HPC. No ambiente

simulador, a conciliação é realizada *offline*, durante a inserção de aplicações na carga de trabalho HPC. A carga de trabalho produzida é representada por um arquivo de formato JSON, contendo a configuração dos recursos requisitados, o máximo tempo de resposta SLO e o momento de submissão de cada aplicação, tal como apresentado na Figura 3. Com a inicialização do programa simulador, lê-se o arquivo XML de configuração de plataformas e a carga de trabalho JSON. Em seguida, a fila FCFS começa a receber as aplicações no seu tempo programado e a estratégia de escalonamento coleta e organiza essas aplicações nos processadores da plataforma.

Um ciclo de escalonamento inicia-se quando uma aplicação chega na fila FCFS (*First Come First Served* – Primeiro a chegar Primeiro a ser atendido) ou quando uma aplicação termina (esses são os eventos  $S$  e  $C$  discutidos na Seção 4.3.). Uma vez escalonada e iniciada a execução de uma aplicação, o término dela é antecipado, a fim de representar um cenário onde aplicações terminam mais cedo que o previsto. Essa técnica é usual em simulações de escalonamento realizadas para publicações científicas do grupo MOAIS. Ao término da aplicação, verifica-se a violação.

Todas as informações das aplicações escalonadas são armazenadas em um banco de dados e o núcleo do sistema CArS extrai um negativo das alocações, ou seja, espaços na linha de tempo onde não existe aplicação escalonada. Esses espaços são os *slots* de tempo ocioso. Com base nos slots disponíveis, o escalonador realiza o escalonamento de novas aplicações. A operacionalização do banco de dados de alocações é totalmente transparente e a determinação de escalonamento é realizada com base nos slots, em alto nível, via linguagem Python.

O Algoritmo 1 a seguir, em pseudo-código, mostra o escalonamento de uma aplicação  $J$  de índice  $j$  definida como  $J_j = (a_j, wt_j, h_j, SLO_{j,i})$ , onde  $a_j$  representa o momento de chegada da aplicação na Central de Dados  $wt_j$  o tempo de processamento requisitado para cada processador,  $h_j$  o número de processadores requisitado e  $SLO_{j,i}$  o  $i$  máximo tempo de resposta acordado para  $j$ . Para a determinação de um escalonamento, adiciona-se a propriedade para  $\sigma_j$  indicar o momento de início da aplicação e substitui-se a propriedade  $h_j$  por  $H_j$  para representar o subconjunto de processadores  $P$  que estão aptos para iniciar a aplicação em  $\sigma_j$ . O início simultâneo em  $\sigma_j$  representa a rigidez da aplicação. As propriedades  $a_j$  e  $SLO_{j,i}$  não são consideradas na determinação do escalonamento, pois todas as aplicações são escalonadas. No evento de término da aplicação computa-se  $(a_j + SLO_{j,i}) \leq C_j$  para determinar se houve violação, onde  $C_j$  é o momento de completude da aplicação.

- 1 coleta-se  $J_j = (a_j, wt_j, h_j, SLO_{j,i})$  da FCFS
- 2 obtem-se o conjunto  $S$  de *slots* de tempo ocioso
- 3 ordena-se  $S$  pelo menor momento de início primeiro
- 4 para cada  $S_z$  em  $S$ :
  - 5 *se*  $termino_z - inicio_z + 1 \gg wt_j$ :
  - 6 *se* tamanho de  $H_z \gg h_j$ :
    - 7  $H_j \leftarrow P \subseteq H_z$
    - 8  $\sigma_j \leftarrow inicio_z$
- 9 encerra-se o *loop*
- 10 escalona-se  $J_j \leftarrow (\sigma_j, wt_j, H_j, SLO_{j,i})$

Algoritmo 1. Escalonamento de uma aplicação.

## 7 | EXPERIMENTO DE AVALIAÇÃO

Como experimento de avaliação de uma simulação, definiram-se diversos cenários de área de convergência onde aplicações de nuvem são inseridas na fila de aplicações de uma plataforma HPC. Variou-se o tamanho da plataforma HPC considerando 10, 20, 40, 80, 160 e 320 processadores. Definiu-se que a área de convergência (em termos de número de processadores) abrange todos os processadores da plataforma HPC. Definiu-se uma carga de trabalho in silico com 11K aplicações HPC e 270K aplicações de nuvem. As aplicações HPC foram extraídas do ambiente de produção do PIK por meio do repositório de Feitelson (2019), contendo diversas configurações de aplicações paralelas e frequência de submissão esparsa. Enquanto isso, as aplicações de nuvem foram definidas conforme documentação publica do Google (REISS et al., 2012), com frequência regular de submissão de uma aplicação a cada 10 segundos. As aplicações de nuvem selecionadas para execução na área de convergência requisitam 4 processadores e 180 segundos de tempo de processamento. Essas aplicações são ditas candidatas à migração, de acordo com as especificações de área de convergência de Kraemer (2017). Variou-se a configuração do máximo tempo de resposta considerando um fator de folga composto de 1,25; 1,5; 2; 3; 4 até 15. Por exemplo, um fator de folga 2 significa que

o máximo tempo de resposta para caracterizar um processamento sem violação é de 360 segundos (ou seja, 180 x 2). Como resultado da simulação, objetiva-se identificar o percentual de violações ocorridas nesse contexto de convergência nuvem-HPC.

## 8 | RESULTADOS E ANÁLISES

De acordo com Hemmat e Hafid (2016), a média percentual de aplicações violadas em sistemas de computação em larga escala é de 0,2%. Nos resultados apresentados na Figura 4, o pior cenário de violação foi observado quando a aplicação estava configurada com 1,25 fator de folga (ou seja, uma aplicação que requer execução urgente) e uma plataforma com 10 processadores disponíveis para o escalonador. Nesse cenário o percentual de violações foi de 0,0018%, que é bem abaixo do observado na literatura. Uma razão para isso é que as aplicações de nuvem migradas para HPC foram selecionadas de forma a aproveitar os espaços ociosos do escalonamento de aplicações HPC. Essa é uma característica da área de convergência. Observa-se também na figura, como esperado, que quanto maior o fator de folga e mais processadores disponíveis, menor é o percentual de violações. Um fator de folga 15 é suficiente para evitar todas as violações no cenário analisado.

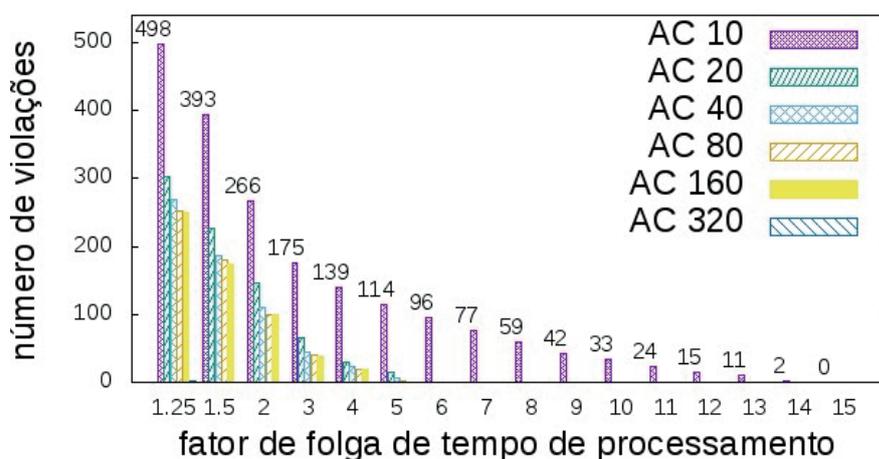


Figura 4. Resultado dos experimentos para cada tamanho de AC (Área de Convergência).

## 9 | CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste artigo foi apresentado o simulador CArS para área de convergência nuvem-HPC, sua arquitetura e integração com sistemas base. Também foram apresentados os modelos requisitados para simulação de plataformas e aplicações, assim como a estratégia de escalonamento de uma aplicação. Para avaliação via experimentos, foi considerado um cenário com 11K aplicações HPC e 270K aplicações de nuvem, representando uma simulação *in silico*, ou seja, com dados reais. O resultado dos experimentos mostra que a área de convergência nuvem-HPC tem potencial para

*diminuir o número de violações de tempo de resposta. O simulador CARs mostrou-se eficiente para esse contexto de simulação. Para trabalhos futuros, considera-se o escalonamento de aplicações moldáveis.*

## REFERÊNCIAS

- CASANOVA, H., GIERSCH, A., LEGRAND, A., QUINSON, M. e SUTER, F. **Versatile, scalable, and accurate simulation of distributed applications and platforms**. Journal of Parallel and Distributed Computing, 2014. 74(10):2899–2917.
- DUTOT, P., MERCIER, M., POQUET, M. e RICHARD, O. **BatSim: a realistic language-independent resources and jobs management systems simulator**. Em 20th Workshop on Job Scheduling Strategies for Parallel Processing, Chicago, United States, 2016.
- FEITELSON, D. **Logs of real parallel workloads from production systems**. <http://www.cs.huji.ac.il/labs/parallel/workload/logs.html>. Acessado em 25/08/2019.
- HEMMAT, R. A. & HAFID, A. **SLA violation prediction in cloud computing: A machine learning perspective**. CoRR, abs/1611.10338, 2016.
- KRAEMER, A., MAZIERO, C., RICHARD, O. e TRYSTRAM, D. **Reducing the number of response time SLO violations by a cloud-HPC convergence scheduler**. Em 2nd International Conference on Cloud Computing Technologies and Applications (CloudTech), 2016. p. 293–300.
- KRAEMER, A. **Proposta de uma área de convergência Nuvem-HPC para a redução do número de violações de tempo de resposta em centrais de dados: tese de doutorado**. Curitiba: UFPR, 2017. 128 p.
- KRAEMER, A., MAZIERO, C. A., RICHARD, O. e TRYSTRAM, D. **Reducing the number of response time service level objective violations by a cloud-HPC convergence scheduler**. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2017. p. e4352–n/a.
- MARGERY, D., MOREL, E., NUSSBAUM, L., RICHARD, O. e ROHR, C. **Resources Description, Selection, Reservation and Verification on a Large-Scale Testbed**. Springer International Publishing, Cham, 2014. p. 239–247.
- REISS, C., TUMANOV, A., GANGER, G. R., KATZ, R. H. e KOZUCH, M. A. **Towards understanding heterogeneous clouds at scale: Google trace analysis**. Relatório Técnico ISTC-CC-TR-12-101, Intel Science and Technology Center for Cloud Computing, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213-3890, 2012.
- SHENG, D., KONDO, D. e CIRNE, W. **Characterization and comparison of cloud versus grid workloads**. Em IEEE International Conference on Cluster Computing (CLUSTER), 2012. p. 230–238.

## RECREATE: RECOMENDAÇÃO DE REA'S POR MEIO DA DESCOBERTA DO ESTILO DE APRENDIZAGEM PELA EXPERIÊNCIA DO ESTUDANTE E EXPECTATIVA DO PROFESSOR

**Marco Antonio Colombo Da Silva**

IFSP - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia De São Paulo  
Catanduva – São Paulo

**Marilde Terezinha Prado Santos**

UFSCAR - Universidade Federal de São Carlos  
São Carlos – São Paulo

**RESUMO:** Atualmente muitos professores e aprendizes utilizam Recursos Educacionais Abertos (REA's) para auxiliar o processo ensino aprendizagem. Com o desenvolvimento e popularização da internet e dos diversos dispositivos que a suportam, o interesse nos REA's tem aumentado. Entretanto muitos professores ainda encontram dificuldades em sua adoção. As barreiras encontradas podem ser tecnológicas, culturais ou econômicas. Iniciativas que ofereçam gratuitamente a possibilidade de autoria e adaptação de REA's sem a necessidade de conhecimentos específicos na área de computação, possibilitando ainda seu reuso e compartilhamento, atuam para atenuar tais barreiras. Este trabalho tem o objetivo de desenvolver uma abordagem para auxiliar o docente na criação de atividades com REA's que quando executados pelos alunos gerem o registro de suas experiências, as quais são a base para a descoberta do estilo de aprendizagem para a posterior recomendação

de outros REA's adequados a tal estilo. Para isso o trabalho apresenta, além da arquitetura da abordagem, um modelo de interpretação de experiência utilizando expectativa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelo de Estilo de Aprendizagem, Recomendação, Objeto de Aprendizagem, Recurso Educacional Aberto, Processo Ensino-Aprendizagem.

**RECREATE: OER'S RECOMMENDATION THROUGH LEARNING STYLE DISCOVERY BY STUDENT EXPERIENCE AND TEACHER EXPECTATION**

**ABSTRACT:** Now a days, many teachers and apprentices use Open Educational Resources (OER) to boost the learning teaching process. Development and popularization of the internet and various devices that support them increased interest in OERs. However, many teachers still find difficulties in adoption. The barriers encountered are technological, cultural or economical. Initiatives which freely offer the possibility of authorship and adaptation of Open Educational Resources (OER's) with no need of specific knowledge in computing, and also enable their reuse and sharing, act to mitigate such barriers. This work was done in order to develop an approach to assist the teacher in creating activities with OERs able to generate registries of their experiences, which are the basis for discovering learning style for the

subsequent recommendation of other OER's that fit this style. To achieve these goals, the work presents an architecture for the approach, a model for interpretation of experience using expectation.

**KEYWORDS:** Learning Style Model, Recommendation, Learning Object, Open Educational Resource, Teaching-Learning Process.

## 1 | INTRODUÇÃO

Existe dificuldade por parte dos docentes em utilizar a descoberta de conhecimento a partir de dados educacionais para ajudar a aperfeiçoar seus processos de ensino e produzir melhores resultados.

O trabalho parte do pressuposto que o uso de REA's proporciona um melhor processo de ensino aprendizagem. Sabe-se também que a recomendação de REA's melhora os resultados de atividades com REA's.

Uma vez que é possível descobrir automaticamente o estilo de aprendizagem, assim como registrar a experiência do usuário, é considerada a hipótese de que a descoberta do estilo de aprendizagem com base na expectativa do docente e na experiência do estudante durante a utilização de REA's, favoreça a recomendação de REA's.

O objetivo deste trabalho é fornecer uma abordagem para auxiliar o docente na criação de atividades com REA's que possam ser realizadas por estudantes e que durante a execução, suas experiências sejam registradas para posterior descoberta de seu estilo de aprendizagem para recomendação de outros REA's que funcionem de acordo com o estilo do aluno aprender.

## 2 | RECURSOS EDUCACIONAIS ABERTOS

Os Recursos Educacionais Abertos (REA's) tiveram origem nos Objetos de Aprendizagem (AO's) (MCKERLICH; IVES; MCGREAL, 2013) que podem ser definidos como: "qualquer recurso digital que pode ser reusado para apoiar a aprendizagem" (WILEY, 2000).

Em um movimento complementar às expectativas e objetivos visualizados nos Objetos de Aprendizagem, a UNESCO (2002) originalmente apresentou o conceito de Recurso Educacional Aberto como sendo "recursos educacionais, gerados por tecnologias da informação e comunicação, para consulta, utilização e adoção por uma comunidade de usuários para propósitos não comerciais". Uma revisão do conceito original foi apresentada posteriormente: "recursos educacionais abertos são materiais utilizados para apoiar a educação que podem ser livremente acessados, reutilizados e modificados por qualquer pessoa" (DOWNES, 2011).

### 3 | MODELO FSLSM

O *Felder and Silverman Learning Style Model* (FSLMS) foi criado por Richard Felder and Linda Silverman em 1988 e é um modelo de estilo de aprendizagem projetado para prover uma base para os professores formularem estratégias pedagógicas apropriadas para as necessidades individuais dos alunos, uma vez que captura as mais importantes diferenças entre os estilos de aprendizagem dos mesmos (FELDER; SPURLIN, 2005).

As dimensões que classificam os estilos de aprendizagem no FSLSM são Processamento, Percepção, Entrada e Organização.

A dimensão Processamento indica como o estudante prefere processar a informação. Os valores para esta dimensão são Ativo e Reflexivo. No caso do LS Ativo, o estudante prefere utilizar a informação externamente com discussões, explicações ou uma situação concreta, trabalhando em conjunto com outros alunos ou em experimentos. Já para o LS Reflexivo, o estudante prefere examinar e manipular a informação mentalmente, assim como estudar sozinho fazendo uso de interpretação, analogias e formulações de modelos.

A dimensão da Percepção indica como a informação é percebida pelo estudante. Os valores para esta dimensão são Sensitivo e Intuitivo. No caso do LS Sensitivo, o estudante se mostra paciente, atento aos detalhes e com boa capacidade de memorização. Já para o LS Intuitivo, aprecia desafios e inovações, não possui muita paciência com cálculos rotineiros e por menores, gosta de trilhar seu próprio caminho em busca de respostas e demonstra maior aptidão por signos.

Entrada é a dimensão que mostra como o estudante capta a informação de forma mais efetiva. Quando o valor para esta dimensão for Visual, intui-se que o estudante prefere receber a informação de forma gráfica, seja com mapas, desenhos, figuras, símbolos ou gráficos. Em contrapartida, quando o valor for Verbal, o estudante prefere receber a informação em forma de palavras escritas ou faladas.

A dimensão da Organização trata da forma como o estudante prefere que a informação esteja organizada para proceder com o aprendizado. O LS Sequencial indica que o estudante prefere que a informação seja organizada de forma lógica e sequencial. Já o LS Global indica que o estudante prefere ter uma visão do conjunto, para então, entender os detalhes. Neste caso o aprendizado ocorre de forma não linear e com saltos e repetições.

### 4 | EXPERIENCE API

O *Experience API* ou xAPI, anteriormente chamado de Tin Can API, é um padrão para *e-Learning* desenvolvido pela ADL (*Advanced Distributed Learning*) e Rustici

---

<sup>1</sup> <http://rusticisoftware.com/>

*Software* considerado a “nova geração do SCORM” (DEL BLANCO et al., 2013). O padrão *Experience API* pode ser utilizado para acompanhar tanto o aprendizado formal quanto o informal (“Tin Can API”, 2016).

O foco da *Experience API* é definir um modelo de dados interoperável para armazenar dados sobre as experiências educacionais dos estudantes e uma API para compartilhar estes dados entre sistemas, assim como abordar algumas deficiências do SCORM com relação ao acesso a dados (DEL BLANCO et al., 2013).

Atividades de aprendizagem são representadas por um formato descrito pela especificação da *Experience API* na forma de sentenças JSON que são armazenadas e compartilhadas por LRS's (*Learning Record Stores*) cujos requisitos também são descritos pela especificação do *Experience API* (BAKHARIA et al., 2016).

O modelo de dados da *Experience API* toma como ponto de partida o conceito de Fluxo de Atividades, onde a atividade do usuário é armazenada como sentenças do tipo: “Eu fiz isto”. O modelo estende esta ideia para rastrear todos os aspectos da experiência de aprendizagem (DEL BLANCO et al., 2013).

As sentenças geradas por um REA devem conter três componentes principais (CHAKRAVARTHY; RAMAN, 2014): (i) Ator: Um ator é qualquer agente que inicia uma ação. Ele pode ser um estudante, a identidade de um grupo ou até um software. (ii) Verbo: É a parte mais útil da sentença. Geradores de sentenças podem utilizar os verbos definidos pela comunidade (receitas) ou criar seus próprios verbos. (iii) Objeto: É o objeto com o qual o ator interage. Além destes três elementos a sentença pode conter também a data e hora em que a mesma foi armazenada no LRS (CHAKRAVARTHY; RAMAN, 2014).

Uma sentença em sua forma mais simples aparece no formato “Ator-Verbo-Objeto”. Um exemplo destas sentenças simples poderia ser: “Roberto assistiu a um vídeo”. Uma sentença complexa contém mais componentes que uma simples, podendo ser acrescida de informação sobre o contexto, autoridade e outras.

## 5 | ABORDAGEM RECREATE

Para que os objetivos deste trabalho fossem alcançados, uma arquitetura conceitual para abordagem computacional foi criada e denominada RECREAtE. Esta arquitetura admite a implementação de instâncias com a utilização de diferentes tecnologias, padrões e modelos conceituais. Alguns exemplos de itens que podem variar na implementação da RECREAtE são: banco de dados, linguagem de programação, padrão de metadados, modelo de estilos de aprendizagem, especificação para autoria de REA's e repositórios de REA's. Para ilustrar uma visão geral e conceitual da arquitetura um diagrama SADT (*Structured Analysis and Design Technique*) foi criado e pode ser visto na Figura 1

De acordo com a arquitetura, ao longo do processo, iniciado pela definição de uma atividade pedagógica pelo professor e terminado com o estudante recebendo

uma lista com a recomendação de REA's adequados ao seu estilo de aprendizagem, as seguintes atividades serão executadas: Criar Atividade, Criar Expectativa Pedagógica, Executar REA's, Associar REA's a LS, Descobrir LS Aluno, Descobrir LS REA e finalmente, Recomendar.

A primeira execução é feita pelo professor no Módulo Atividade da abordagem e como entrada são fornecidos todos os dados necessários para que uma atividade educacional seja estabelecida para o estudante, sendo tais informações: identificação da turma a qual a atividade se destina, identificação do professor autor, data da atividade, descrição e assunto da atividade. Ainda fazem parte desta fase do processo a designação de um ou mais REA's que fazem parte da atividade e a segmentação destes REA's, informando-se para cada segmento: ponto de início, ponto final, descrição e metadados. Ao final deste processo as seguintes saídas serão geradas: Segmentos REA's, Lista de REA's e Valores dos Campos do Padrão de Metadados.

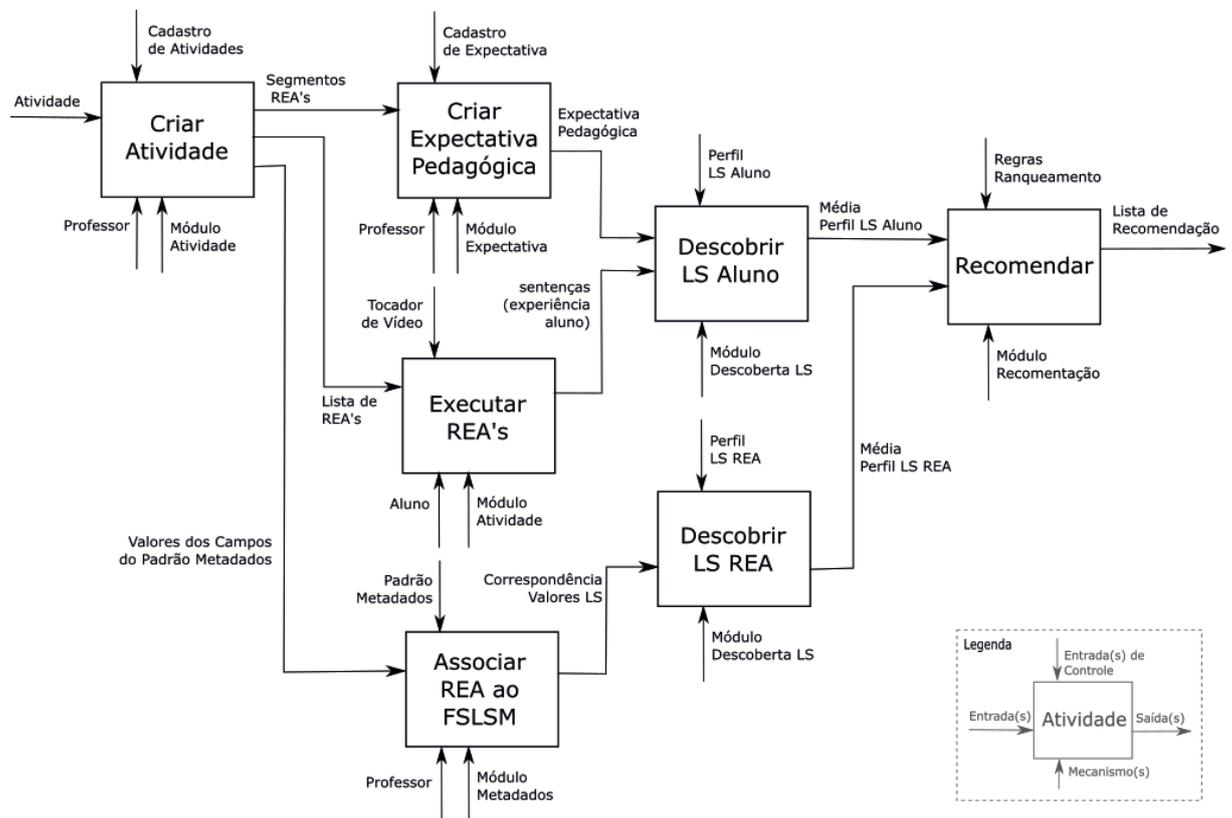


Figura 1 – Diagrama SADT representando visão geral da arquitetura RECREAtE

Fonte: o autor

A atividade Criar Expectativa Pedagógica tem como entrada os segmentos de REA's definidos pelo professor na atividade anterior. Nesse momento o professor deverá definir, com a ajuda do Módulo Expectativa da RECREAtE, quais as suas expectativas pedagógicas para a atividade educacional em questão, informando para cada segmento informações como: ações esperadas durante a execução da

atividade, semântica para tais ações, intervalo esperado de quantidade de ocorrência para estas ações e seus significados. A saída para esta atividade é a expectativa pedagógica resultante do processo.

<b>Campo LOM</b>	<b>Conteúdo</b>	<b>Percepção</b>	<b>Entrada</b>	<b>Processamento</b>	<b>Organização</b>
<b>Estrutura</b>	Coleção interligada	-	-	-	Global
	Hierarquia linear	-	-	-	Sequencial
<b>Formato</b>	Áudio	-	Verbal	Reflexivo	-
	Imagem	-	Visual	Reflexivo	-
	Texto	-	Verbal	Reflexivo	-
	Vídeo	Sensitivo	Visual/Verbal	Reflexivo	-
	Aplicação	Sensitivo	Visual/Verbal	Ativo	-
	Formulário	-	Verbal	Ativo	-
<b>Tipo de Intera- tividade</b>	Ativo	-	-	Ativo	-
	Expositivo	-	-	Reflexivo	-
	Misto	-	-	Ativo/Reflexivo	-
<b>Tipo de Recur- so de Aprendi- zado</b>	Exercício	-	-	Ativo	-
	Simulação	Sensitivo	-	Ativo	-
	Questionário	-	Verbal	Ativo	-
	Diagrama	Intuitivo	Visual	Reflexivo	-
	Figura	-	Visual	Reflexivo	-
	Gráfico	Sensitivo	Visual	Reflexivo	-
	Índice	Sensitivo	Verbal	Reflexivo	-
	Slide	-	-	Reflexivo	Sequencial
	Tabela	Sensitivo	Verbal	Reflexivo	-
	Texto Narrativo	-	Verbal	Reflexivo	-
	Exame	-	-	Ativo	-
	Experimento	Sensitivo	Visual	Ativo	-
	Declaração de Pro- blema	-	Verbal	Ativo	-
	Auto Avaliação	-	Verbal	Ativo	-
Palestra	-	Verbal	Reflexivo	-	
<b>Nível de Intera- tividade</b>	Muito baixo	-	-	Reflexivo	
	Baixo	-	-	Ativo/Reflexivo	
	Médio	-	-	Ativo	
	Alto	-	-	Ativo	
	Muito alto				

Tabela 1 – Relacionamento entre FSLSM e LOM

Fonte: Adaptado de Dorça et al, 2016

O professor deverá preencher um conjunto de campos do padrão de metadados escolhido para implementação da abordagem associando cada segmento de cada

REA da atividade educacional com o modelo de estilo de aprendizagem adotado pela instância da RECREAtE. Por exemplo, considerando o padrão IEEE-LOM os campos seriam: estrutura, formato, tipo de interatividade, tipo de recurso de aprendizagem e nível de interatividade.

Ainda considerando este padrão, através do relacionamento do mesmo com o modelo de estilo de aprendizagem Felder e Silverman (DORÇA, 2015), a saída desta parte do processo seria a correspondência entre REA e LS.

Executar um REA é a primeira atividade conduzida pelo estudante no processo e é realizada com auxílio Módulo Atividade da abordagem RECREAtE. Nela o aluno executa o REA em uma API, como por exemplo *Experience* API ou Caliper. As sentenças produzidas pela execução, que representam a experiência do aluno, são a saída para esta parte do processo. Os verbos de tais sentenças são estabelecidos de acordo com a natureza do REA, por exemplo, no caso de um vídeo: Reproduzir, Parar e Saltar.

Para a descoberta de LS do REA, o valor de entrada deve ser a correspondência entre os valores de metadados e o modelo de LS. Lembrando que os valores de metadados nesta abordagem são preenchidos para cada segmento do REA, o perfil de LS total do REA será a média dos perfis dos segmentos. Este processamento é realizado no Módulo de Descoberta de LS. Esta atividade do processo requer como entrada o resultado da criação da expectativa pedagógica pelo professor e as sentenças que descrevem a experiência do aluno.

## 6 | MODELO PARA INTERPRETAÇÃO DE EXPERIÊNCIA UTILIZANDO EXPECTATIVA (MIEE)

Para que a relação entre a expectativa do docente e a experiência do aluno seja estabelecida, este trabalho propõe um modelo para interpretação de experiência utilizando expectativa.

Neste modelo a Expectativa é obtida da seguinte forma:

1. As sentenças são agrupadas em Ações.
2. A um conjunto de ações atribui-se um significado, designado no modelo como Semântica.
3. Para a Semântica é estipulado o intervalo de quantidade de ocorrências esperado.
4. São estipulados valores para o caso de a quantidade de ocorrências ser maior, menor ou dentro do intervalo. Estes valores dizem se cada caso irá confirmar a expectativa, negar a expectativa ou ser inconclusivo.

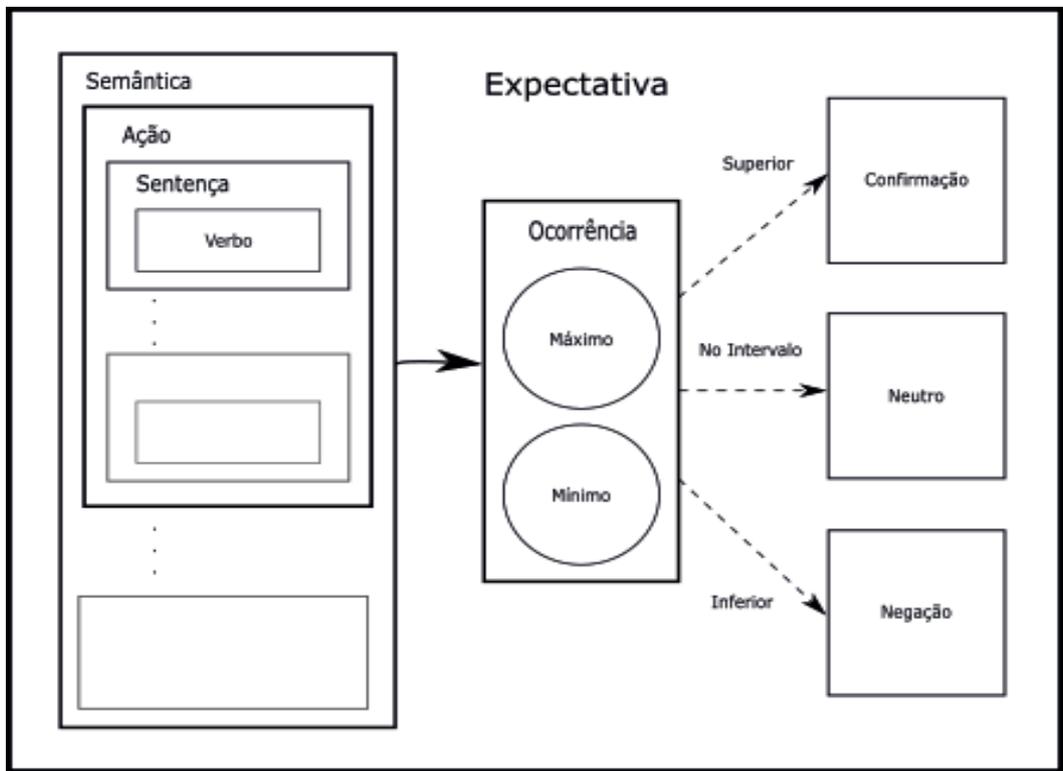


Figura 2 – Modelo para interpretação de experiência utilizando expectativa

Fonte: o autor

No contexto deste trabalho, sendo a semântica relacionada a uma dimensão do LS, o módulo de Descoberta de LS da arquitetura compara aquilo que o aluno vivenciou durante a execução do REA com aquilo que tais ações representam para o professor. Sabendo pela expectativa se a ação é positiva ou negativa para o LS daquele trecho do REA, um percentual de ocorrências é registrado no perfil de LS do Aluno. A saída para esta atividade é a média dos últimos perfis de um aluno. O número de perfis considerados para a média é determinado pelo professor no ato de criação da atividade educacional.

## 7 | RECOMENDAÇÃO

A recomendação de REA's requer como entrada a Média dos Perfis de Aprendizagem do Estudante e Média do Perfil de Aprendizagem do REA cuja execução gerou a recomendação. As regras de ordenação para a criação da Lista de Recomendação Resultante fazem parte do Módulo de Recomendação da RECREAtE. A partir da aplicação do modelo de interpretação de experiência utilizando expectativa, é possível captar as informações da Tabela 2 se considerarmos o FSLSM.

		Percepção	Entrada	Processamento	Organização
Segmento 1	Semântica 1		Verbal		
	Semântica 2	Sensitivo			
	Semântica 3	Sensitivo			
	Semântica 4				Sequencial
Segmento 2	Semântica 1		Verbal		
	Semântica 2	Sensitivo			
	Semântica 3			Reflexivo	
	Semântica 4				Sequencial
Segmento 3	Semântica 1		Verbal		
	Semântica 2	Sensitivo			
	Semântica 3			Reflexivo	
	Semântica 4				Sequencial
Segmento 4	Semântica 1		Visual		Sequencial
	Semântica 2	Intuitivo			
	Semântica 3	Intuitivo			
	Semântica 4				Global

Tabela 2 – Exemplo de captação de LS de uma execução de REA

Fonte: o autor

A partir da captação, divide-se o número de ocorrências de um LS em uma determinada dimensão pelo total de LS's captados nesta mesma dimensão e chega-se ao modelo probabilístico de LS do Estudante estabelecido por (DORÇA et al., 2016).

Percepção		Entrada		Processamento		Organização	
Sensitivo	Intuitivo	Visual	Verbal	Ativo	Reflexivo	Sequencial	Global
0.30	0.70	0.50	0.50	0.45	0.55	0.80	0.20

Tabela 3 – Modelo Probabilístico de LS do Estudante

Fonte: Adaptado de (DORÇA et al., 2016)

A escolha dos estilos pode sofrer influências de diferentes fatores ao longo do tempo, independentemente do domínio de conhecimento (KINSHUK; LIU; GRAF, 2009). Assim, levando-se em consideração a possibilidade de o estilo de aprendizagem do estudante mudar longo do tempo, seja pela adaptação a REA's de estilos diferentes do seu ou pelo desenvolvimento natural de novas habilidades, a recomendação de REA's da RECREAtE é feita com base, não no perfil atual do LS do aluno, mas sim nas médias de perfis para um mesmo aluno geradas pelas execuções anteriores de REA's na RECREAtE. Nesta abordagem o número de perfis LS a ser considerado para média é definido pelo professor no ato de elaboração da

atividade educacional.

A lista de recomendação é formada por 4 subgrupos que contemplam REA's, por ordem de prioridade.

O subgrupo de REA's I é formado por REA's que foram previamente inseridos em atividades e executados por alunos. A ordenação destes REA's é feita através da comparação entre a média de LS do REA com a média de LS do aluno. A faixa de valores para pertinência e o intervalo para média de perfis de LS são definidos pelo professor no ato de cadastro da atividade educacional.

O subgrupo de REA's II é Formado por REA's que foram previamente inseridos em atividades, mas ainda não foram executados por alunos. A ordenação destes REA's é feita utilizando-se o método proposto por (DORÇA et al., 2016), onde uma equação para o cálculo da relevância  $R$  de um REA é utilizada. Nesta equação,  $Q_i$  é número de ocorrências de um determinado LS durante a execução de um REA.  $LS_i$  representa o valor armazenado no perfil de LS do estudante. É feita a somatória dos 8 estilos de aprendizagem.

O subgrupo de REA's III é formado por REA's que nunca entraram no processo da RECREAtE mas possuem metadados compatíveis e disponíveis. A ordenação destes REA's é feita pelo mesmo método de (DORÇA et al., 2016) utilizado no Subgrupo II.

O subgrupo de REA's I é formado por REA's que nunca entraram no processo da RECREAtE e não possuem quaisquer metadados, mas são acessíveis pelo sistema diretamente no repositório de REA's. A ordenação destes REA's é feita pelo resultado de uma consulta simples que considera o assunto do REA recentemente executado pelo estudante e os valores das propriedades LOM. Assim, para um estudante que acaba de assistir um vídeo sobre Lógica de Programação que contém exercícios e slides, serão recomendados vídeos que contêm o mesmo tema no título e/ou descrição, preferencialmente também composto por exercícios e slides.

$$R = \sum_{i=1}^8 (Q_i \times LS_i)$$

Equação 1 – Cálculo da Relevância de REA's pelos valores de metadados LOM

Fonte: (DORÇA et al., 2016)

## 8 | TRABALHOS CORRELATOS

(OLIVEIRA, 2013) O trabalho propõe uma arquitetura que provê a seleção de objetos de aprendizagem que melhor se adaptam ao estilo de aprendizagem do aluno,

considerando desempenho e tempo de interação anteriores. Utiliza computação *fuzzy* para avaliar se o estudante pode sofrer mudanças no seu estilo e deve receber reforço ou necessita de um reestudo em determinado assunto.

(BORGES; STIUBIENER, 2014) O trabalho apresenta um sistema de recomendação que utiliza uma técnica de recomendação baseada na utilidade do objeto de aprendizagem para fazer uma recomendação vinda de três aspectos: o assunto que o estudante deseja aprender, suas preferências pessoais e seu LS.

(SENA et al., 2016) É proposta uma abordagem computacional para detecção automática de estilos aprendizagem utilizando modelos ocultos de Markov e FSLSM. A detecção ocorre com base no processo de interação do estudante com o ambiente virtual de aprendizagem.

Sendo a descoberta de estilos de aprendizagem um dos pontos focais deste trabalho, uma comparação considerando tal aspecto, indica que os três trabalhos relacionam categorias de REA's com dimensões do FSLSM, sendo que para isso Sena et al. (2016) não utiliza metadados padronizados, já Oliveira (2013) e Borges e Stiubiener (2014) o fazem, porém, o primeiro utiliza todas as dimensões do FSLSM e o segundo apenas Entrada, Percepção e Processamento. Nenhum dos trabalhos consideram informações sobre os segmentos de um REA's e não consideram um histórico de perfis de LS, mas atualizam o perfil a cada execução de suas abordagens. Este trabalho diferencia-se dos demais em alguns pontos: a) permitir que a experiência do estudante e a expectativa do professor sejam elaboradas de acordo com a natureza do REA, b) considerar como perfil de LS atual a média dos últimos perfis de um histórico de execuções e, ainda, c) considerar em seu processo informações sobre segmentos de REA's.

## 9 | CONTRIBUIÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho participa do início da exploração de experiência de usuário na descoberta de LS e promove abertura e subsídios para pesquisas e desenvolvimentos futuros.

Todo o processo da abordagem foi criado para beneficiar a recomendação, porém o método de recomendação propriamente dito não é uma contribuição deste trabalho, que adota um método pré-existente.

As principais contribuições deste trabalho são: (i) Abordagem que proporciona a descoberta do estilo de aprendizagem utilizando como ponto de partida informações sobre a experiência do usuário no uso de REA's e a elaboração de expectativas para tais experiências. (ii) A criação do Modelo de Interpretação de Experiência Utilizando Expectativa.

A abordagem apresentada neste trabalho age no sentido de atenuar as barreiras encontradas por professores e alunos na adoção de REA's.

Alguns trabalhos que podem ser realizados com base na pesquisa em

questão, os quais podem corresponder à continuidade do tema abordado, são: (i) Implementação de protótipo baseado no projeto lógico apresentado neste trabalho em uma plataforma *web* e disponibilização *online* do serviço. (ii) Testes de usabilidade e pesquisa qualitativa com professores e alunos reais de uma instituição de ensino. (iii) Desenvolvimento de protótipo livre de domínio que aceite e recomende REA's de qualquer natureza. (iv) Extensão da abordagem para múltiplos modelos de estilos de aprendizagem. (v) Incorporação de padrão de metadados com campos específicos para segmentos de REA's.

Foram identificados novos itens de pesquisa a partir desse trabalho: (i) Desenvolvimento de abordagem complementar para auxiliar a autoria de vídeos de acordo com o estilo de aprendizagem do estudante. (ii) Desenvolvimento de abordagem complementar para garantia da qualidade de REA's envolvidos no processo desta abordagem.

## REFERÊNCIAS

BAKHARIA, A. et al. Recipe for Success - Lessons Learnt from Using xAPI within the Connected Learning Analytics Toolkit. In: Proceedings of the Sixth International Conference on Learning Analytics & Knowledge - LAK '16, October, New York, New York, USA. **Anais...** New York, New York, USA: ACM Press, 2016.

BORGES, G.; STIUBIENER, I. Recommending learning objects based on utility and learning style. In: 2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings, February, **Anais...**IEEE, out. 2014.

CHAKRAVARTHY, S. S.; RAMAN, A. C. Educational Data Mining on Learning Management Systems Using Experience API. In: 2014 Fourth International Conference on Communication Systems and Network Technologies, **Anais...**IEEE, abr. 2014.

DEL BLANCO, A. et al. E-Learning standards and learning analytics. Can data collection be improved by using standard data models? In: 2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), **Anais...**IEEE, mar. 2013.

DORÇA, F. A. et al. An automatic and dynamic approach for personalized recommendation of learning objects considering students learning styles: An experimental analysis. **Informatics in Education**, v. 15, n. 3, p. 45–62, 2 maio 2016.

DOWNES, S. **Open Educational Resources: A Definition**. Disponível em: <<http://halfanhour.blogspot.com/2011/07/open-educational-resources-definition.html>>.

FELDER, R. M.; SPURLIN, J. Applications, Reliability and Validity of the Index of Learning Styles. **International Journal of Engineering Education**, v. 21, n. 1, p. 103–112, 2005.

KINSHUK; LIU, T. C.; GRAF, S. Coping with mismatched courses: Students' behaviour and performance in courses mismatched to their learning styles. **Educational Technology Research and Development**, v. 57, n. 6, p. 739–752, 2009.

MCKERLICH, R.; IVES, C.; MCGREAL, R. Measuring Use and Creation of Open Educational Resources in Higher Education. **The International Review of Research in Open and Distributed Learning**, v. 14, n. 4, 2013.

OLIVEIRA, I. C. A. de. **AdaptMLearning: uma proposta de sistema de aprendizagem adaptativo e**

**inteligente.** 2013. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SENA, E. et al. Proposta de uma Abordagem Computacional para Detecção Automática de Estilos de Aprendizagem Utilizando Modelos Ocultos de Markov e FSLSM. In: **Anais...** 7 nov. 2016.

**Tin Can API.** Disponível em: <<http://tincanapi.com/>>. Acesso em: 12 maio. 2016.

WILEY, D. Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. In: D. A. WILEY (Ed.). **The Instructional Use of Learning Objects: Online Version.** [s.l.: s.n.]

## PROJETO DE BANCO DE DADOS COM FOCO NA ALOCAÇÃO DEPARTAMENTAL DE SERVIDORES PÚBLICOS E SUAS ATRIBUIÇÕES FUNCIONAIS

**José Nazareno Alves Rodrigues**

Instituto Federal do Piauí –IFPI

Corrente - PI

**RESUMO:** O presente trabalho tem como principal finalidade, fazer uma análise a respeito da Gestão de Recursos Humanos na administração pública. Para tanto, tem-se como foco a alocação departamental de funcionários e a devida atribuição de funções, a partir do qual é feita uma análise dos dispositivos legais que norteiam ou deveriam nortear essas atividades. Além disso, levando-se em consideração as grandes contribuições que os sistemas de informação têm apresentado no cenário atual no que diz respeito ao processamento, armazenamento e recuperação da informação, assim como o fato de serem projetados com certo nível de inteligência, propomos aqui um projeto de banco de dados que responda, à luz dos dispositivos legais, aos principais problemas levantados. Como resultado temos o início de um projeto de banco de dados que a partir de um aprimoramento constante possa ser usado em conjunto com aplicações que venham a disponibilizar funcionalidades que possam contribuir com uma alocação coerente dos servidores, inclusive com distribuições funcionais consoantes com os requisitos legais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão Pública,

Recursos Humanos, Banco de Dados, Desvio Funcional, Sistemas de Informação.

**ABSTRACT:** The main purpose of this paper is to analyze Human Resources Management in public administration. To this end, the focus is on the departmental allocation of employees and the appropriate attribution of roles, from which an analysis of the legal provisions that guide or should guide these activities is made. In addition, taking into account the great contributions that information systems have made in the current scenario regarding information processing, storage and retrieval, as well as the fact that they are designed with a certain level of intelligence, we propose here a database design that responds, in the light of legal provisions, to the main problems raised. As a result, we have started a database project that, based on constant improvement, can be used in conjunction with applications that will provide functionality that can contribute to a consistent allocation of servers, including functional distributions in accordance with legal requirements.

**KEYWORDS:** Public Management, Human Resources, Database, Functional Deviance, Information Systems.

## 1 | INTRODUÇÃO

Do ponto de vista legal, um dos problemas encontrados em um órgão público é o desvio de função dos servidores. Apesar de não haver respaldo legal para tal prática, a mesma vem se perpetuando, inclusive por meio da cultura organizacional, o que dificulta a introdução efetiva de mudanças.

Tendo em vista que o conceito de cultura tem sido muito discutido atualmente, Tavares (1996, p.1) nos diz que a mesma surgiu no final do século XIX e início do século XX, quando grupos de estudiosos começaram a pesquisar sobre as sociedades primitivas, a partir do qual se constatou que cada sociedade possuía modo de vida diferente, tanto entre si, como entre regiões. A autora tenta caracterizar a cultura organizacional como um instrumento de poder em relação às transformações ocorridas dentro do ambiente empresarial, a partir do qual procuramos neste trabalho, associar também aos órgãos públicos.

A partir desse pressuposto, e tendo em vista as importantes contribuições que os sistemas de informação podem oferecer, procuramos identificar quais os elementos importantes a levar-se em consideração na alocação de funcionários de órgãos públicos, sobretudo no que diz respeito à devida atribuição de funções.

Pretendemos apontar para algumas considerações na devida alocação de pessoas, propondo posteriormente soluções a partir de um projeto de banco de dados pautado na legalidade, que possa futuramente, como parte de um Sistema de Informação, contribuir para maior agilidade, eficiência e transparência na Administração Pública.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Temos no *caput* do artigo 37 da Constituição Federal, os princípios administrativos que são base da legalidade, impessoalidade, moralidade, publicidade e eficiência, os quais Andrade (2012, p.80) menciona que os mesmos têm entre outros objetivos, “assegurar a honestidade e a correta e eficiente gerência na Administração Pública...”. Ainda segundo o autor, nos últimos anos evidenciaram-se várias práticas de condutas que infringem tais princípios, que cita o caso de vários noticiários envolvendo, por exemplo, a dilapidação do erário e nepotismo e coloca no cerne da questão, o “desvio de função como uma das condutas passíveis de configurar afronta a princípios administrativos e as suas implicações”.

### 2.1 Relação Entre Servidor e Administração

Bergue (2010, págs. 16 a 18) menciona diferentes categorias, a partir das quais se classificam os agentes públicos com base na natureza das relações que estes mantêm com a Administração Pública. Este autor propõe a formulação feita

por Bandeira de Mello, que de forma simples e abrangente apresenta as seguintes categorias: agentes políticos, servidores públicos e particulares em colaboração com o Poder Público.

Ainda para Bergue, entre as categorias de agentes, a que demanda maior atenção para fins de gestão sob a perspectiva de comportamento organizacional é a dos servidores públicos, que os define como:

peças prestadores de serviços ao ente estatal, com quem mantêm um vínculo laboral a partir do qual decorre a correspondente remuneração paga pelos cofres públicos, podendo ser servidores estatutários, empregados públicos ou servidores temporários (Bergue, 2010, p.16).

Em relação ao que vem a ser cada um dos tipos de servidores citados, o autor os define da seguinte forma:

➤ **Servidores estatutários** – pessoas que ocupam cargos públicos, cujo vínculo laboral com o ente estatal é regulado por estatuto próprio – o estatuto dos servidores públicos, instituído na forma de lei específica;

➤ **Empregados públicos** – pessoas cuja relação laboral com o ente público é regida pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), sendo ocupantes de empregos públicos igualmente criados por lei e cujo provimento se processa também nos termos do artigo 37, inciso II, da Constituição Federal;

➤ **Servidores temporários** – são admitidos por prazo determinado para atender à necessidade temporária de excepcional interesse público, sendo que os mesmos exercem funções públicas, sem estarem vinculados a cargos ou a empregos públicos, conforme o artigo 37, inciso IX, da Constituição Federal.

### *2.1.1 Investidura em Cargo Público*

Temos nos incisos I e II, também do artigo 37 da Constituição Federal, a matéria que trata da investidura em cargos ou empregos públicos, que assim dispõe:

(...) I – os cargos, empregos e funções públicas são acessíveis aos brasileiros que preencham os requisitos estabelecidos em lei, assim como aos estrangeiros, na forma da lei;

II – a investidura em cargo ou emprego público depende de aprovação prévia em concurso público de provas ou de provas e títulos, de acordo com a natureza e a complexidade do cargo, ou emprego, na forma prevista em lei, ressalvada as nomeações para cargo em comissão declarado em lei de livre nomeação e exoneração. (BRASIL, 1988).

Sendo assim, para fins do presente trabalho, podemos subdividir os cargos quanto à sua forma de ocupação, em:

Efetivo – é decorrente de prévia submissão a concurso público;

Comissionado – não depende da prévia aprovação em concurso público, é de

livre nomeação e exoneração.

## 2.2 Atribuição de Tarefas

No que diz respeito à atribuição de tarefas, Andrade afirma:

À autoridade competente do órgão ou entidade onde o servidor público for lotado, incumbe a tarefa de dar-lhe exercício, designando-o para o efetivo desempenho das atribuições do respectivo cargo e/ou função (...) ao administrador público cabe agir somente de acordo com o que estiver, de forma expressa, permitido na lei, formal e material (BULOS, 2009, p.865), ele deverá designar o servidor para exercer atividades que correspondam às legalmente previstas. Apenas em circunstâncias excepcionais – e também preceituadas na lei -, transitórias e devidamente motivadas, poderá o servidor público desempenhar atividades diversas das pertinentes ao seu cargo. (Andrade, 2012, p.80).

Ainda de acordo com o autor (2012, p.82), o servidor deverá saber suas atribuições, que por força da lei deverá desempenhar, antes mesmo de entrar em exercício. No caso dos servidores públicos federais tais atribuições devem estar relacionadas no próprio termo de posse, bem como os deveres inerentes ao cargo (Lei 8.112/90, art. 13). A partir desse pressuposto, evidencia-se que a definição das possíveis atribuições deve ser anterior à própria investidura do servidor.

Por outro lado, temos como um departamento diretamente ligado à organização de pessoal, o de recursos humanos. Em relação à gestão de recursos humanos, DA SILVA; LOMANTO e DA CRUZ WAGNER (s/d, p.10) citam Fischer ao mencionar que cada organização, dentro da estrutura de mercado em que atua, desenvolve sua própria forma de organizar a atuação de seu pessoal, o qual, segundo os autores, convencionou-se chamar de “modelo de gestão de pessoas”, ou seja, “a maneira peculiar como cada empresa, dentro de uma formatação mais ou menos flexível organiza, controla, distribui e remunera o trabalho das pessoas”.

## 2.3 Sistemas de Informação

Antes de falarmos em sistemas de informação em sentido mais restrito, no qual pressupomos o uso de computadores, é importante abordarmos o conceito de sistemas a partir de uma perspectiva mais ampla, a qual Velloso descreve como:

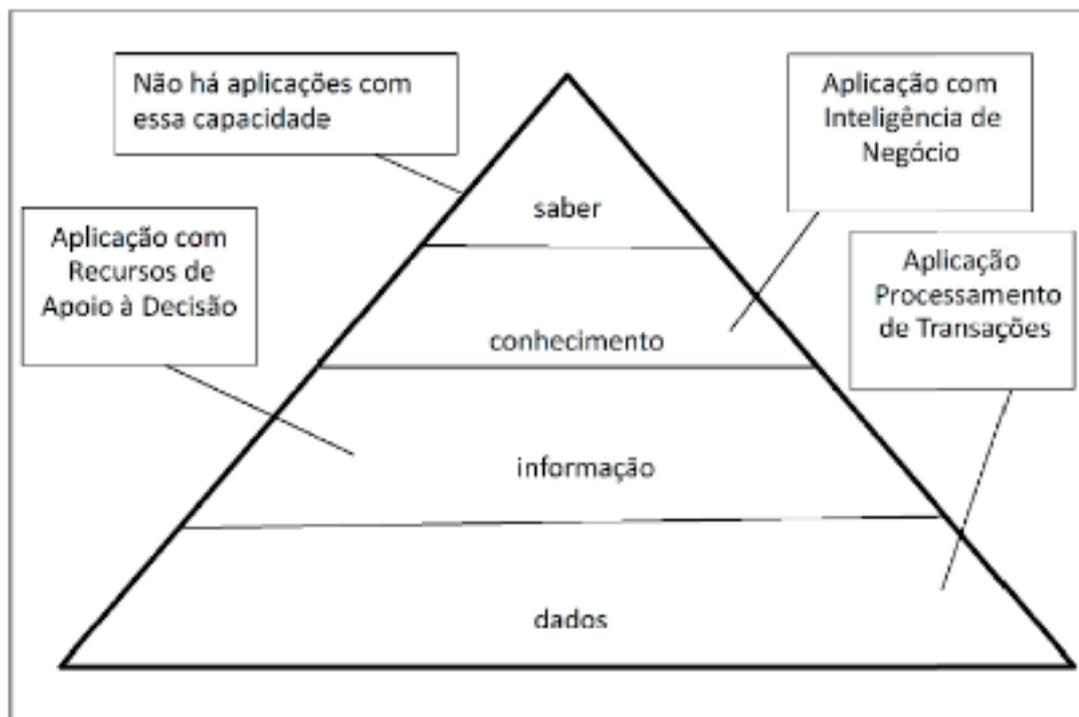
(...) um conjunto estruturado ou ordenado de partes ou elementos que se mantêm em interação, isto é, em ação recíproca, na busca da consecução de um ou de vários **objetivos**. Assim, um sistema se caracteriza, sobretudo, pela influência que cada componente exerce sobre os demais e pela união de todos (**globalismo** ou **totalidade**), no sentido de gerar resultados que levam ao(s) objetivo(s) buscado(s). (Velloso, 2011, p.144)

Partindo agora para uma perspectiva mais específica a respeito de Sistemas de Informação, Sommerville (2011, p.117) afirma de forma um tanto classificatória o seguinte:

Todos os sistemas que envolvem a interação com banco de dados compartilhados podem ser considerados sistemas de informação baseado em transações. Um sistema de informação permite acesso controlado a uma grande base de

informações, como um catálogo de biblioteca, um horário de voo ou os registros de pacientes em um hospital.

Ainda quanto aos tipos de sistemas de informação, Rodrigues (2010, p.150) os classifica como Sistemas de Informação Transacional, Sistemas de Apoio à Decisão e Sistemas de Inteligência Organizacional. O mesmo autor (2010, p.152) também fala sobre a mudança de foco dos tipos de sistemas de informação, sendo que estes trataram a princípio apenas os dados brutos, para depois tratar a informação e posteriormente o conhecimento. Para ele, no início era o processamento de dados que focava apenas as transações – dados. Posteriormente veio o processamento de informações, que tinha foco no apoio à tomada de decisão e o insumo passa a ser as informações. Atualmente o autor nos situa na fase de processamento do conhecimento, cujo papel é desempenhado por sistemas especialistas ou inteligentes. E que o quarto estágio, ainda não alcançado pelos sistemas de informação, é “gerar saber”, conforme a Figura 1.



Figurara1 - Camadas de uma aplicação computacionalizada.

Fonte: RODRIGUES 2010 (Adaptado)

Fazendo uma breve diferenciação entre dados, informação e conhecimento, temos que:

**Dados** - São elementos que por si só não trazem muito valor, portanto, não passam de elementos conhecidos de um problema, que são geralmente armazenados em grandes bancos de dados, no entanto, ganham valor à medida que são transformados em informação.

**Informação** - Se dados são elementos isolados e sem valor agregado,

informação é o agrupamento desses dados de forma coerente, que possibilite uma tomada de decisão eficiente. Para Batista (Santana apud Batista, 2009), informação é “o resultado do tratamento dos dados existentes acerca de alguém ou de alguma coisa. A informação aumenta a consistência e o conteúdo dos dados relacionados”. Em suma, podemos dizer que informação diz respeito aos dados trabalhados, “lapidados”. Os dados tornam-se informações à medida que seu criador lhes acrescenta significado.

**Conhecimento** - Assim como o processamento de dados resulta em informação, a informação também gera conhecimento. Apesar disso, vale ressaltar que para a informação se transformar em conhecimento, ela precisa ser compreendida. Conhecimento então consiste em saber aplicar a informação de forma adequada, isso reflete além de uma melhor seleção e configuração adequada, no tratamento mais racional da informação, bem como da ampliação e capacidade de resolver problemas.

### *2.3.1 Banco de Dados e seu Papel como Componente de um Sistema de Informação*

Podemos então perceber que os dados são as “unidades básicas” por meio do qual obtemos a informação ou mesmo o conhecimento.

Para que eles (dados) possam ser recuperados e/ou processados posteriormente, precisamos armazená-los e organizá-los por meio dos bancos de dados, que diante do que foi exposto, fica visível que os mesmos têm repercussão direta sobre todo o sistema de informação, de tal forma que fica quase impossível pensar tais sistemas sem abordar os bancos de dados. Isso porque como parte de um “conjunto de componentes que se inter-relacionam”, geralmente as aplicações trabalham em conjunto com eles, de modo que os dados possam ser armazenados neles e acessados posteriormente.

Diversos modelos de dados foram e vêm sendo utilizados, com alternância de vantagens por determinados períodos, conforme Velloso (2011, pág. 85), e a maneira mais prática de classificar os bancos de dados, é de acordo com a forma como seus dados são vistos pelo usuário. Ainda de acordo com esse autor, frente ao que temos hoje em se tratando de banco de dados, a classificação mais comum é:

- modelos navegacionais;
- modelo hierárquico;
- modelo em redes;
- modelo relacional;
- modelo orientado a objetos;
- modelo semiestruturado

Não é nosso objetivo conceituar cada um desses modelos, mas somente aos

conceitos relacionados aos modelo relacional, o qual adotaremos aqui.

Um modelo de banco de dados é, segundo Heuser (2009, p.24), “uma descrição dos tipos de informação que estão armazenadas em um banco de dados”. Sua importância se deve ao fato de podermos testar o modelo antes de fazer a implementação em ambiente real. Fazendo uma analogia com a Engenharia Civil, antes de iniciar a construção de uma casa, por exemplo, é feito um modelo, que no caso é a planta. De acordo com a intenção do modelador, essa modelagem pode ocorrer em vários níveis de abstração (conceitual, lógico e físico).

Elmars (2011, pág. 32) nos diz que o principal modelo de dados usado atualmente em muitos SGBDs é o relacional, afirmando ainda que, embora o modelo de dados de objeto tenha sido implementado em alguns sistemas comerciais, seu uso não foi generalizado.

Quanto aos conceitos e características do modelo relacional, temos que:

(...) o modelo relacional representa o banco de dados como uma relação de coleções. Informalmente, cada relação é semelhante a uma tabela de valores, ou, até certo ponto, a um arquivo plano de registros. Ele é chamado de arquivo plano porque cada registro tem uma simples estrutura linear ou plana (...). No entanto, existem diferenças importantes entre relações e arquivos (...). Na terminologia formal do modelo relacional, uma linha é chamada de tupla, um cabeçalho de coluna é chamado de atributo e a tabela é chamada de relação. (Elmars, 2011, p. 39).

Outro conceito importante a ser considerado para o desenvolvimento de nosso trabalho, diz respeito ao Diagrama Entidade Relacionamento (DER), ele é o meio para se representar o modelo conceitual na abordagem entidade-relacionamento (ER).

### 3 | MATERIAL E MÉTODOS

A partir das informações obtidas com a revisão de literatura, e com bastante ênfase no Direito Administrativo, procuramos elaborar o projeto de um banco de dados que responda à problemática levantada. Investigamos e identificamos as principais entidades envolvidas (servidores, cargo, departamento...), bem como seus relacionamentos com a administração. A partir disso procuramos desenvolver um modelo que comporte essas especificidades.

Quanto à modelagem, seguimos as estratégias propostas por Heuser (2009, p.102). Conforme o autor, “o processo de construção de um modelo é um processo incremental”. Sendo assim, o mesmo não é construído em uma única vez, mas em pequenos passos, passando por várias transformações desde o modelo inicial ao modelo completo. O autor chama atenção para o fato de que na prática nenhuma das estratégias propostas na literatura é universalmente aceita, e apresenta duas fontes de informação a ser usada na construção de um modelo ER (Entidade-Relacionamento):

1 - as descrições de dados existentes;

2 - o conhecimento que as pessoas possuem sobre o sistema.

Para fins do presente trabalho, optou-se pela segunda forma, naquilo que Heuser (2009, p.103 e 104) chama de *estratégia descendente*, bem como apresenta uma sequência de passos para se obter um modelo a partir disso, que consiste basicamente em:

**Modelagem superficial** – é construído um DER (Diagrama Entidade Relacionamento) pouco detalhado;

**Modelagem detalhada** – são acrescentados aos modelos, os domínios dos atributos e cardinalidades mínimas dos relacionamentos;

**Validação do modelo** – procuram-se construções redundantes ou deriváveis a partir de outras no modelo. Aqui o modelo também é validado com o usuário.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto à atribuição de funções, Andrade (2012, p.82) afirma que o servidor deverá saber suas atribuições, que por força da lei deverá desempenhar, antes mesmo de entrar em exercício, inclusive que no caso dos servidores públicos federais tais atribuições devem estar relacionadas no próprio termo de posse, bem como os deveres inerentes ao cargo (Lei 8.112/90, art. 13). Temos com base nisso um relacionamento entre as entidades cargo e função, que devem ser definidas antes mesmo da ocupação do cargo, evitando assim prejudicar ou favorecer alguém por motivos pessoais, políticos... o que fere alguns dos princípios norteadores da administração pública que se encontram elencados no *caput* do artigo 37 da Constituição Federal. Com base nisso, temos ainda no modelo conceitual obtido, um relacionamento entre as entidades **cargo** e **função**. Temos então a entidade **função** para representar de forma individual cada atribuição que um cargo deve ter, isso pode ser verificado na Figura 2 (usamos aqui atribuição e função como sinônimos para as atividades relacionadas a determinado cargo, e que deve ser desempenhada pelo servidor). Aqui adicionamos também mais detalhes no que diz respeito aos atributos e adicionamos também mais entidades, como por exemplo, a **escolaridade**, mais detalhada a seguir.

Explicando o modelo lógico, destacamos algumas características principais do resultado obtido, são elas:

1. A tabela **escolaridade** mantém uma relação com as tabelas **cargo** e **função**, de forma que o atributo identificador da primeira (*id\_escolaridade*) é uma chave estrangeira nas outras duas (representada por meio de uma chave de cor mais clara). Por meio disso, espera-se garantir, que conforme recomenda a lei, as tarefas atribuídas a um servidor sejam compatíveis com o nível de escolaridade de seu cargo, inclusive no caso da readaptação. A nível de aplicação é possível criar restrições que garantam isso;

2. A tabela **vinculo** tem seu atributo identificador (id\_vinculo) como uma chave estrangeira na tabela **servidor**, a partir disso será possível identificar qual o vínculo (servidor estatutário efetivo, servidor estatutário em comissão ou servidor temporário) que o servidor tem com a administração;

3. A tabela **servidor** mantém uma relação com **departamento** por meio de outra entidade, que é a tabela **alocação**. Sendo assim, a tabela **alocação** terá uma chave estrangeira de **servidor** e outra de **departamento**, bem como terá também atributo relativo a datas. Com isso é possível pesquisar em qual departamento o servidor trabalhou com seus devidos períodos de tempo.

4. A tabela **cargo** está relacionada com a tabela **servidor**. O atributo identificador da tabela **cargo** (id\_cargo), também representa uma chave estrangeira na tabela **servidor**. Aqui devemos nos atentar bastante para os requisitos legais, pois de acordo com o artigo 3º da Lei 8.112 de 1990, o cargo é restrito apenas aos servidores estatutários. Sendo assim, o atributo referente à chave estrangeira na tabela **servidor**, não pode ser um campo de preenchimento obrigatório.

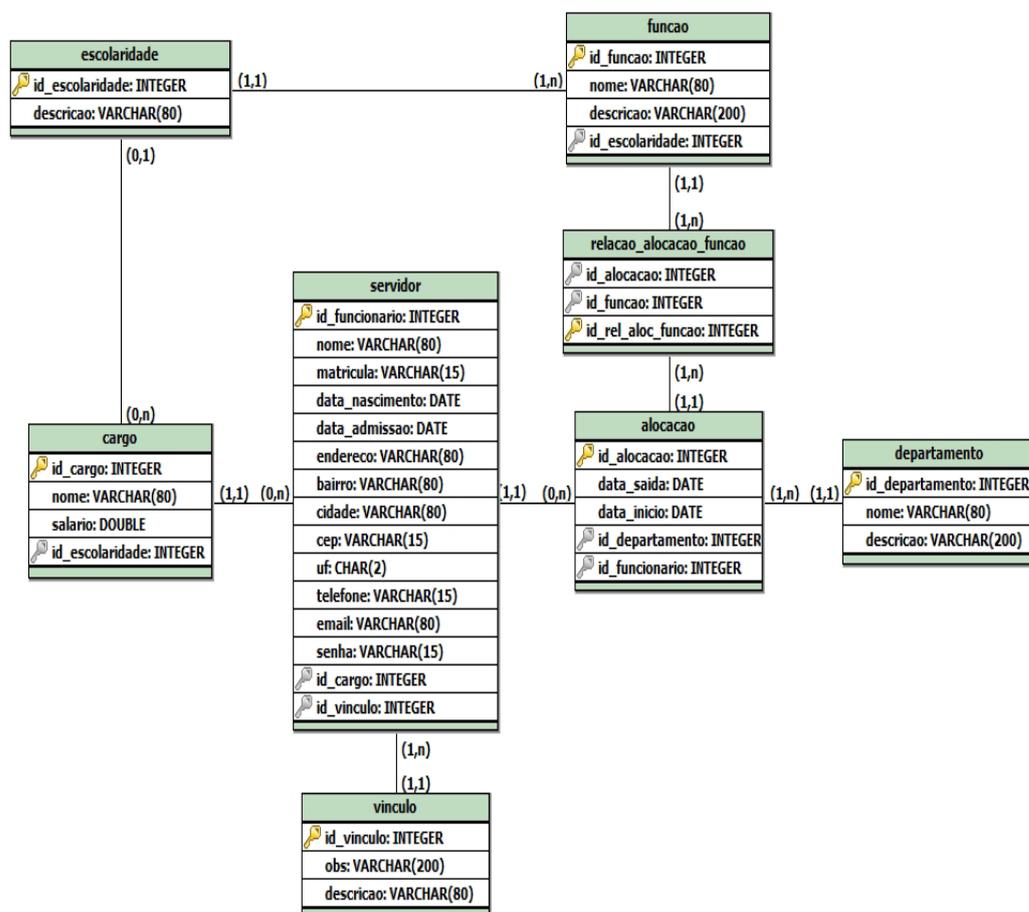


Figura 2 – Modelagem do banco de dados no nível lógico

Estas são as principais entidades e relacionamentos identificados a partir

das pesquisas dos dispositivos legais que direcionaram nosso trabalho, mas, por questões técnicas, inclusive de desempenho, outras tabelas foram adicionadas. Quanto aos nomes dados às entidades, também por questões técnicas relacionada à natureza dos Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados, não usamos acentos ou espaços.

Para fins práticos de desenvolvimento, algumas restrições muito importantes foram levadas também em consideração no que tange à integridade. Sobre isso, nenhum valor de chave primária pode ser NULL (nulo), pois em uma relação as tuplas individuais são identificadas pelo valor de sua chave primária (identificada aqui por uma pequena chave de cor dourada ao lado do atributo). Sendo assim, ao definir NULL para chave primária de duas ou mais tuplas não é possível identificá-las ao referenciá-las por outras relações. Temos ainda a restrição de integridade referencial, que é especificada entre duas relações e usada para manter a consistência entre tuplas nas relações.

## 5 | CONCLUSÕES

Apesar de a cultura ser um forte elemento presente tanto em empresas e organizações privadas, quanto nas públicas, ainda que dotada de várias particularidades, Coelho, levando em conta a diferença entre *liberdade negativa* e *direito positivo*, ressalta que:

A capacidade de buscar e encontrar “brechas na lei”, para poder fazer aquilo que a organização quer e necessita, é característica valorizada e desejada nos administradores de organizações e empresas privadas, que agem na esfera em que impera o princípio da liberdade negativa. Porém, essa capacidade não é, de modo algum, aceitável para um gestor público que terá todos os seus atos avaliados e julgados pela conformidade com o que a lei obriga ou expressamente autoriza. (Coelho, 2009, p.25).

Não temos de forma alguma o intuito de esgotar o assunto a respeito da temática, mas, de chamar a atenção para um fenômeno que vem ocorrendo e às vezes passa despercebido nos órgãos públicos. Apesar disso, de acordo com Coelho (2009, p.10), para o gestor público, é imprescindível para o seu exercício considerar suas limitações quanto ao que está ou não previsto em lei, sob o risco de cometer ilegalidades e não poder alegar seu desconhecimento, tendo seus atos possivelmente questionados pelos tribunais e ver-se envolvido em processos administrativos e penais, ainda que possa estar agindo com a melhor das intenções.

Por fim, embora o trabalho possa focar mais a questão da alocação de funcionários, inclusive por questões de delimitação a respeito do tema, assim como em um modelo de banco de dados, pretende-se que com o desenvolvimento obtenha-se uma base sólida para o desenvolvimento de sistemas que venham a colaborar efetivamente com a gestão pública, servindo tanto a nível operacional no sentido de

agilizar e organizar as atividades, como a nível estratégico, servindo aos gestores como um elemento norteador no processo de tomada de decisão.

Esperamos ainda que o mesmo venha a ser aprimorado e mais abrangente, de tal forma que possamos ter aqui o início de um sistema com características de desenvolvimento iterativo e incremental. Em relação ao aprimoramento do mesmo, não pretendemos aqui entrar em detalhes técnicos de “como deve ser feito”, abstraindo assim o trabalho ao que deve ser feito em conformidade com as exigências legais.

## REFERÊNCIAS

DE ANDRADE, Marlon Bruno. **O desvio ilegal de função de servidor público titular de cargo efetivo como prática atentatória aos princípios da legalidade, da moralidade e da impessoalidade.** Revista Espaço Acadêmico, v. 11, n. 132, p. 79-87, 2012.

BERGUE, Sandro Trescastro. **Comportamento organizacional/Sandro Trescastro Bergue.** – Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC; [Brasília] : CAPES: UAB, 2010.

COELHO, Ricardo Corrêa. **O público e o privado na administração pública/Ricardo Corrêa Coelho.** – Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC; [Brasília] : CAPES: UAB, 2009.

DA SILVA, Felix Fernando; LOMANTO, Maria Eduarda Gordilho; DA CRUZ WAGNER, Vanusa Carle. **SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE RECURSOS HUMANOS (SIGRH): A EXPERIÊNCIA DO ESTADO DE SANTA CATARINA.**

ELMARSI, Ramez; NAVATHE, Shamkant B. **Sistemas de banco de dados.** - 6. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.

FISCHER, A. L. Um resgate conceitual e histórico dos modelos de gestão de pessoas. In: PROFESSORES DA FEA-USP (Org.) **As pessoas na organização.** 4ed.. São Paulo: Gente, 2002.

HEUSER, Carlos Alberto. **Projeto de banco de dados.** 6.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/emendas/emc/emc19.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc19.htm). Acesso em maio de 2015.

SANTANA, Denise Dias de; PERINI, Luis Claudio. **Fundamentos da administração da informação: análise de desenvolvimento de sistemas.** São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009.

SILVA, Arídio; RIBEIRO, José Araújo; RODRIGUES, Luiz Alberto. **Sistemas de Informação na Administração Pública.** – Rio de Janeiro: Revan, 2004.

TAVARES, Fernanda Pereira. **A cultura organizacional como um instrumento de poder.** Caderno de pesquisas em administração, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 1-5, 1996.

VELLOSO, Fernando de Castro. **Informática: Conceitos Básicos.** - 8. ed. rev. e atualizada - Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

## M-LEARNING ATRAVÉS DO WHATSAPP: UMA ANÁLISE DE RECURSOS

**Nilson Alves dos Santos**

Instituto Federal do Tocantins

Porto Nacional - TO

**Mayara Kaynne Fragoso Cabral**

Instituto Federal do Tocantins

Porto Nacional - TO

**Beatriz Francisco Coelho**

Instituto Federal do Tocantins

Porto Nacional - TO

**RESUMO:** O aumento do uso da internet através dos aparelhos celulares, amplia as possibilidades da aprendizagem móvel (Mobile Learning). O objetivo geral deste artigo é analisar os recursos disponíveis no WhatsApp Messenger, que oferecem possibilidades de uso no ambiente escolar como recurso pedagógico que pode auxiliar o processo de ensino e aprendizagem. Já os objetivos específicos são: i) identificar funcionalidades gerais do WhatsApp Messenger que poderiam auxiliar na aprendizagem móvel; ii) realizar uma análise de 6 (seis) recursos considerados importantes conforme Cabral (2016) para um ambiente de aprendizagem: Atividades, Conteúdo, Avaliação, Privacidade, Mediação e Monitoramento. O uso do WhatsApp mostrou-se, nesta pesquisa como uma alternativa educacional complementar, que apresenta

muitos recursos e várias possibilidades para potencializar o ensino aprendizagem. Dos 6(seis) recursos analisados apenas o recurso de Mediação e de Avaliação mostraram -se parcialmente indisponível.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aprendizagem, Celular, Ensino, Mobile Learning, WhatsApp

### M-LEARNING THROUGH WHATSAPP: A RESOURCE ANALYSIS

**ABSTRACT:** The increased use of the internet through mobile devices expands the possibilities of mobile learning. The general objective of this article is to analyze the resources available in WhatsApp Messenger, which offer possibilities for use in the school environment as a pedagogical resource that can help the teaching and learning process. Specific objectives are: i) to identify general features of WhatsApp Messenger that could assist in mobile learning; ii) conduct an analysis of six (6) resources considered important according to Cabral (2016) for a learning environment: Activities, Content, Evaluation, Privacy, Mediation and Monitoring. The use of WhatsApp proved to be, in this research, as a complementary educational alternative, which presents many resources and several possibilities to enhance teaching and learning. Of the six (6) resources analyzed, only the Mediation and Evaluation resources were

partially unavailable.

**KEYWORD:** Learning, Mobile, Teaching, Mobile Learning, WhatsApp

## 1 | INTRODUÇÃO

Recentemente o estudo “The State of Mobile 2019” realizado pelo App Annie, revelou que os brasileiros passaram em 2018 mais de três horas por dia usando o celular, colocando o país em 5º lugar no *ranking* global de tempo despendido com esse aparelho. A pesquisa mostrou ainda que os dispositivos móveis estão cada vez mais presentes na vida dos consumidores, em especial, da Geração Z (dos 16 aos 24 anos), onde 96% destes já possui smartphone e se envolvem 30% mais com seus aplicativos e gastam 20% a mais do que o restante da população.

Com o crescimento do uso dos dispositivos móveis surgiu então, uma nova modalidade de ensino que, segundo Laouris e Eteokleous (2005) foi denominada de aprendizagem móvel ou M-Learning (Mobile Learning).

O uso das Tecnologias da Informação e Comunicação Móveis e sem Fio (TIMS) aumentam os desafios da realidade escolar, passando a exigir dos educadores uma adequação à realidade desenhada pelas TIMS (BENTO, CAVALCANTE, 2013).

Neste contexto surgem questionamentos como: Poderiam os aplicativos móveis utilizados para entretenimento e comunicação serem utilizados como ferramentas de apoio ao ensino e aprendizagem? Como um professor poderia utilizar um aplicativo móvel e que recursos estes oferecem para o processo de ensino e aprendizagem? Um aplicativo como o WhatsApp dispõe de viabilidades e potencialidades para colaborar com alunos e professores no auxílio do ensino e aprendizagem?

Ponderando a premissa de que a utilização do aplicativo WhatsApp em sala de aula pode se tornar uma ferramenta produtiva e agenciar uma nova dinâmica no processo de ensino e aprendizagem, o objetivo geral deste artigo é analisar os recursos disponíveis no WhatsApp Messenger, que oferecem possibilidades de uso no ambiente escolar como recurso pedagógico que podem auxiliar o processo de ensino e aprendizagem. Elencaram-se os seguintes objetivos específicos: i) identificar funcionalidades gerais do WhatsApp Messenger que poderiam ser utilizados no ambiente escolar; ii) realizar uma análise de recursos considerados importantes conforme Cabral (2016) para um ambiente de aprendizagem, que são Atividades, Conteúdo, Avaliação, Privacidade, Mediação e Monitoramento.

Este artigo está dividido em cinco seções. Na seção dois são apresentados os principais conceitos utilizados nesta pesquisa. Na seção três é apresentado a metodologia para a construção da pesquisa sobre WhatsApp. A seção quatro apresenta os resultados da análise dos recursos e funções do WhatsApp Messenger; e na seção cinco a conclusão da pesquisa realizada.

## 2 | MOBILE LEARNING E WHATTSAPP

O Mobile Learning é definida por Pelissoli e Loyolla (2004), como a fusão de diversas tecnologias de processamento e comunicação de dados que permite ao grupo de estudantes e aos professores uma maior interação. Oliveira et. al (2014) afirmam que são muitas as vantagens que podem ser destacadas ao se fazer a aplicação prática do conceito de M-Learning, dentre elas, os autores destacam 4 (quatro) vantagens, que são descritas no quadro 01 abaixo:

VANTAGENS	DESCRIÇÃO
Autonomia	Representa a liberdade para que o estudante organize seu próprio estudo, utilizando, inclusive, a Internet para buscar outras visões sobre determinado assunto e não apenas as que são transmitidas pelo professor.
Portabilidade/ Mobilidade	O estudante não precisa estar em espaços formais de educação, como a sala de aula, por exemplo, para aprender. Desse modo, professores e alunos podem enviar e receber informações em qualquer local.
Facilidade de entendimento	O aluno pode estudar em seu Ambiente Virtual de Aprendizagem preferido, dessa forma, há maior comodidade para interação com os demais alunos e com o professor.
Flexibilidade	Possibilita que professores tenham maior aproximação dos alunos, interagindo ou monitorando as atividades.

Quadro 01 – Vantagens da aplicação prática do conceito de M-Learning segundo

Fonte: Oliveira et. Al (2004)

O recurso exclusivo da plataforma M-Learning que faz dela uma nova plataforma educacional é a mobilidade. O conceito de mobilidade refere-se à perspectiva de flexibilidade em termos de tempo, lugar, ritmo e espaço que não pode ser alcançado ao usar versões de dispositivos não móveis (Andrews et al., 2010). Em teoria, o M-Learning oferece aos alunos oportunidade de aprender a qualquer hora e em qualquer lugar. No entanto, deve ser entendido que os termos “a qualquer momento e em todos os lugares” são limitados devido à conectividade, bem como às restrições de segurança (Saccol et al., 2010).

A mobilidade, no entanto, segundo Alrasheedi e Capretznão (2018) não é a única vantagem que os usuários recebem. Um dos principais benefícios oferecidos pelo conceito de M-Learning é a característica da aprendizagem colaborativa. Embora a colaboração também faça parte da educação em cenários tradicionais de aprendizagem, ao uso de dispositivos móveis significa que os alunos podem agora interagir com colegas e educadores de diferentes locais, mesmo quando eles não estão em uma sala de aula formal.

Nesse sentido, a mobilidade combinada com a aprendizagem colaborativa faz com que a Plataforma de M-Learning diferente de qualquer outra plataforma

de aprendizagem existente, seja tradicional face-a-face ou outras plataformas de base tecnológica, como o e-Learning (Kukulska-Hulme & Taxler, 2007). O recurso de mobilidade da plataforma m-Learning tem várias implicações e aplicativos. Permite aos alunos gerenciar o conteúdo, o escopo e o espaço de seu aprendizado Alrasheedi e Capretznão (2018). Os alunos também têm controle sobre o tempo e o local onde eles acessam materiais de aprendizagem.

De igual modo, os profissionais usam esse recurso do m-Learning para aprendizado *just-in-time*. Isso significa que os funcionários aprendam um conceito específico como e quando precisam e apliquem-no imediatamente após o aprendizado, difere do processo de aprendizagem tradicional, onde aprendem em um workshop, armazenam esse conhecimento em suas mentes, e depois usam essas informações praticamente em uma data posterior Wilen-Daungenti, (2008). Por último, mas certamente não menos importante, o recurso de mobilidade permite alunos de locais geograficamente remotos para serem incluídos como parte do processo educacional sem ter que mudar sua localização (Saccol et al., 2010).

Assim, o conceito de mobilidade não se limita aos alunos ser móvel, mas os instrutores e conteúdo de aprendizagem também não estão vinculados a um local específico. Como pode ser visto, a mobilidade do conteúdo de aprendizagem é verdadeiramente revolucionária e empurra o envelope no contexto de mecanismos de aprendizagem, bem como acesso à informação (Moura & Carvalho, 2010).

No entanto, apesar do aumento no uso de dispositivos móveis, especialmente entre estudantes universitários, e a multiplicidade de benefícios que a plataforma oferece, sua adoção no ensino regular tem sido lenta. Muitos analistas atribuem isso anomalia à falta de compreensão dos educadores sobre como usar a tecnologia para melhorar o processo de aprendizagem Alrasheedi e Capretznão (2018).

Costa (2013) investigou as potencialidades que emergiram da interação do aluno com o celular e que potencializaram o desenvolvimento das cinco habilidades linguísticas no ensino aprendizagem de língua inglesa como língua estrangeira. À luz deste objetivo principal, o estudo explorou as percepções dos alunos-participantes sobre o processo de aprendizagem gerado pelas atividades pedagógicas mediadas pelo celular. Além disso, investigou quando usar o celular em sala de aula de língua inglesa e, em seguida, procurou identificar qual a melhor maneira de proporcionar o letramento visual crítico de uma forma que permita aos alunos a capacidade de realmente aprender e de reter a informação com ajuda de um dos dispositivos móveis de comunicação. Por fim, analisou a eficácia do uso do celular como dispositivo móvel para aprendizagem de línguas pelos alunos.

Entre as Tecnologias da Informação e Comunicação Móveis e Sem Fio (TIMS), temos o celular, um aparelho popular, com aplicativos que podem vir a ser utilizados em sala de aula como recurso pedagógico (BENTO, CAVALCANTE 2013). Na perspectiva de Saccol et. al (2011, p.30) “em boa parte das instituições formais de ensino o uso de telefones celulares é restrito, por uma espécie de convenção social.”

Mattar (2014) define o aplicativo WhatsApp como uma ferramenta de comunicação rápida e promissora a ser utilizada como uma plataforma de apoio à educação, visto que possibilita o envio de textos, imagens, sons e vídeos e a criação de grupos de usuários. Outra funcionalidade que pode ser particularmente importante para as atividades pedagógicas é a confirmação do recebimento e da leitura das mensagens enviadas. (WHATSAPP, 2016).

O WhatsApp foi fundado em 2009 por Brian Acton (americano) e Jan Koum (ucraniano). Segundo Mark Zuckerberg em uma publicação na página pessoal no Facebook, 1,5 bilhão de pessoas estão usando o WhatsApp Messenger atualmente. Esta informação pode ser confirmada através do Portal Statista (2019), mostra uma estatística e cronograma com a quantidade mensal de usuários ativos do WhatsApp em todo o mundo a partir de dezembro de 2017. A partir daquele mês, o aplicativo de mensagens móveis anunciou mais de 1,5 bilhão de usuários ativos mensais, mais de 1 bilhão a mais que fevereiro de 2016. O serviço é um dos aplicativos móveis mais populares do mundo.

Dados de outra pesquisa realizada pela Opinion Box em janeiro de 2016, com 1.895 internautas brasileiros, 90% afirmaram ter smartphones e 10% têm outro tipo de aparelho. Também foi possível detectar que o WhatsApp segue sendo o serviço de troca de mensagens instantâneas mais utilizado pelos brasileiros: 89% dos usuários de smartphones declararam fazer uso diário dele. Enquanto 96% são usuários ativos mensais.

WhatsApp Messenger apresentam características semelhante com a definição de Mobile Learning feita por Pessoli (2004). De acordo com o site oficial o WhatsApp Messenger é um aplicativo de mensagens multiplataforma que permite trocar mensagens pelo celular sem pagar por SMS. Como o WhatsApp Messenger usa o mesmo plano de dados de internet que se usa para e-mails e navegação, não há custo para enviar mensagens. Além das mensagens básicas, os usuários do WhatsApp podem criar grupos, enviar mensagens ilimitadas com imagens, vídeos e áudio.

### **3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Costa (2004) afirma que é necessário que os critérios de avaliação permitam concluir sobre o valor pedagógico do software em acompanhar a evolução tecnológica de forma a possibilitar, também uma avaliação adequada dos produtos em suporte tecnologicamente mais ricos e poderosos, como é o caso das ferramentas de comunicação em rede que a internet veio permitir.

Para levantamento de direcionamento sobre quais critérios de análise utilizar para avaliação do WhatsApp levou-se em consideração os aspectos considerados por Cabral (2016) como importantes para a viabilização do diálogo, da reflexão e também do registro dos percursos cognitivos dos estudantes dentro de um ambiente

de aprendizagem. Com base nos aspectos indicados por Cabral (2016) foram definidos seis recursos que serão utilizados como critérios de análise para avaliação das capacidades do software WhatsApp.

1) Conteúdo: capacidade do aplicativo em depositar em um único lugar conteúdos como arquivos, vídeos, áudios, textos etc...

2) Atividades: capacidade do WhatsApp em permitir que o professor possa publicar atividades avaliativas ou não, de forma que os estudantes possam interagir e colaborar na execução e resposta destas no próprio ambiente.

3) Avaliação: capacidade do Aplicativo em disponibilizar ferramentas para quantificação de observações qualitativas ou não, de diferentes propostas pedagógicas;

4) Monitoramento: capacidade de acompanhamento da execução das atividades propostas aos alunos, permitindo a identificação de ações colaborativas entre os estudantes, mesmo que em forma de relatórios;

5) Privacidade: capacidade de sigilidade nas publicações das ações realizadas aplicativo seja por alunos ou professores, percebendo como afirmou França (2006) para os ambientes virtuais de aprendizagem, que existem usuários com perfis e determinações e acesso diferenciados que geram funções e ações diferentes no uso do ambiente;

6) Mediação: capacidade do aplicativo WhatsApp em permitir aos professores a intermediação ou moderação das postagens dos estudantes.

Como método de quantificação dos critérios de avaliação, cada recurso avaliado no WhatsApp foi classificado. A classificação foi atribuída conforme a capacidade educacional identificada para o recurso, sendo classificado como:

- Disponível: quando a capacidade for totalmente identificada no aplicativo, conforme descrição dos critérios de avaliação.
- Parcialmente disponível: capacidade parcialmente identificada no aplicativo, isto é, não dispõe, em sua totalidade, a capacidade esperada, mas oferece o recurso em partes.
- Indisponível: capacidade não identificada no aplicativo.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme procedimentos adotados e descritos na seção anterior, realizou-se inicialmente a identificação geral de funcionalidades disponíveis no WhatsApp, para a partir desta identificação realizar-se a análise dos recursos considerados importantes para um ambiente de aprendizagem conforme Cabral (2016). Algumas das funcionalidades identificadas são descritas abaixo:

Envio de mensagens, mídia - Este recurso pode disponibilizar conteúdos e atividades extras para os alunos. Como um Ambiente Virtual de Aprendizagem,

na perspectiva do mobile learning, o WhatsApp possibilita a disponibilização de conteúdos no formato de áudio e vídeo, como podcasts e vídeo-aulas, e a criação de fóruns de discussão e plantão de dúvidas. Existe também a possibilidade dos docentes e discentes destacarem palavras em negrito, itálico e sublinhadas em uma frase.

**Envio documentos** - Este Recurso pode aproximar os pais da rotina escolar dos filhos: a ferramenta pode ser usada para enviar informações de eventos, agenda de atividades, comunicados, dicas de estudo e relatórios de desempenho escolar dos alunos dentre outros. O tamanho máximo de arquivo permitido é de 100MB. Além disso, o WhatsApp apresenta uma opção no menu de compartilhamento do aplicativo que manipulam documentos PDF para as nuvens através do Dropbox e Google Drive.

**Utilização de lista de transmissão** - Com o recurso de lista de transmissão, o professor pode enviar uma proposta de avaliação desde (mídia, texto, PDF) para vários alunos de uma só vez. As listas de transmissão são lista de destinatários pré-determinadas para que se possa enviar transmissões repetidamente, sem precisar selecionar os alunos novamente toda vez que quiser enviar conteúdo. Listas de Transmissões são mensagens de um usuário para vários usuários em apenas uma direção.

**Responder mensagem específica (Citação)** - O recurso possibilita responder diretamente uma pergunta enviada dentro de uma conversa, por meio de uma citação no momento da resposta. Depois que for enviada, aparecerá o nome do remetente e o texto do questionamento respondido. Assim, todos poderão saber para qual pergunta a resposta foi direcionada. O recurso também é válido para as mídias enviadas pelo aplicativo.

**Mensagens Marcadas** - O recurso Mensagens Marcadas permite ao aluno selecionar conteúdo específicos para que eles fiquem salvos para rápido acesso posteriormente. Remover a marcação de um conteúdo não fará com que a ele seja apagado.

**Grupos** - Este recurso permite criar grupos com até 256 pessoas ao mesmo tempo. Pode se criar quantos grupos quiser. As possibilidades de uso dos grupos para auxílio no ensino aprendizagem são inúmeras, depende da criatividade e do conhecimento dos recursos disponíveis na ferramenta, conforme afirma Tajra (2001). Dentre estas possibilidades destaca se: Facilitar o compartilhamento entre a equipe de docentes: os grupos criados dentro do aplicativo permitem que os professores troquem experiências sobre sua prática pedagógica e indicações de materiais didáticos, atividades, livros, entre outros.

O professor pode criar um grupo para cada classe: e usar o aplicativo para tirar dúvidas sobre as disciplinas, compartilhar as tarefas de casa, saber se o aluno aprendeu o conteúdo, enviar desafios para os grupos como estímulo para que se aprofunde em determinados temas. Com isso aumenta o número de alunos que

entregam suas tarefas e trabalhos, já que com o aplicativo, é possível saber se uma pessoa recebeu a mensagem e se a leu. Também os professores poderá criar grupos apenas para informativos, onde os alunos não poderão postar apenas ler os conteúdos.

Assim através da identificação de algumas funcionalidades disponíveis no WhatsApp Com o objetivo de verificar quais as possibilidades de uso destes recursos para o ensino docente e para aprendizagem discente, o aplicativo WhatsApp foi configurado através da criação dos recursos descritos abaixo, para a identificação das capacidades, conforme procedimentos definidos, avaliou-se a disponibilidade dos 6 (seis) recursos indicados por Cabral (2016) considerados importantes. Para cada recurso foi descrito como a capacidade é disponibilizada.

Recurso Avaliado	Descrição da análise	Classificação
Conteúdo	O aplicativo possibilita o ensino por meio da criação de grupos através deste, permite a disponibilização de conteúdos no formato de áudio e vídeo como podcasts e vídeo-aulas, criação de fóruns de discussão e plantão de dúvidas, documentos do tipo texto escrito direto no app ou, o <i>upload</i> de arquivos de extensão PDF, tamanho de até 100MB com a facilidade de compartilhamento automático gerando uma cópia para cada integrante.	Disponível
Atividades	Pode se gerar uma pergunta direto no grupo e esta pode ser respondida através de uma citação, o recurso possibilita responder diretamente uma pergunta enviada dentro de uma conversa, depois que for enviada a resposta, aparecerá o nome do remetente e o texto do questionamento respondido, também poderá ser respondida através do perfil privado do professor.	Disponível
Avaliação	A avaliação correção pode ser feita no próprio ambiente do aplicativo podendo destacar palavras em negrito, itálico e sublinhadas. O ponto negativo desse recurso é que o avaliador terá que digitar o texto novamente para destacar as possíveis correções.	Parcialmente Indisponível
Monitoramento da colaboração	Há duas formas de monitoramento, a primeira é que o aplicativo permite saber quem recebeu, quem leu e quando recebeu e ou leu a mensagem e a segunda é quando o integrante responde à pergunta, aparecerá o nome do remetente.	Disponível
Privacidade	Apenas os membros de um grupo podem ver os conteúdos postados, não existe grupos públicos ou abertos no WhatsApp, não existe nem a possibilidade de alguém solicitar para entrar no grupo, só poderá ser ingressado no grupo se este for adicionado pelo Administrador do mesmo. Pode se enviar uma mesma mensagem para todos integrantes sem que os outros saibam através da lista de transmissão, ou direto no privado de cada pessoa.	Disponível

Mediação	Não permite ao docente a mediação ou moderação das postagens feitas no grupo, a única forma de moderar é criar um grupo onde só o administrador poderá postar.	Parcialmente Indisponível
----------	--	---------------------------

Quadro 2: Resumo da avaliação do aplicativo WhatsApp

Dos recursos avaliados no WhatsApp, a maioria atende aos critérios estabelecidos, apenas os critérios Avaliação e Mediação estão parcialmente disponível nos recursos avaliados nesta pesquisa.

Giraffa (1999) defende que a visão cada vez mais consensual na comunidade da Informática Educativa é a de que “todo programa que utiliza uma metodologia que o contextualize no processo ensino e aprendizagem, pode ser considerado educacional”.

De acordo com Ritter, Real e Bulegon (2016) o WhatsApp possibilitou perceber que o mesmo pode ser utilizado com objetivos educacionais, pois tem alto potencial de interação, promovem discussões e estimulam a aprendizagem colaborativa.

## 5 | CONCLUSÕES

O aplicativo WhatsApp apresentado neste estudo, oferece possibilidades de uso no ambiente escolar como ferramenta do Mobile Learning auxiliadora no ensino aprendizagem. Pois esta pesquisa exploratória, dentro do contexto de avaliação e dos critérios estabelecidos pôde se concluir a viabilidade do aplicativo como ferramenta fomentadora da educação.

Porém o aplicativo resulta em benefícios para todas as partes envolvidas no processo de ensino aprendizagem, mas o WhatsApp é apenas mais um recurso e não um fim em si mesmo. Apesar de todas as facilidades e possibilidades que o aplicativo oferece, não é sempre que uma interação presencial pode ser substituída.

O uso do WhatsApp como conjunto de aprendizagem mostrou-se, nesta pesquisa como uma alternativa educacional, que apresenta muitos recursos e várias possibilidades para potencializar o ensino aprendizagem dentro do Mobile Learning tanto para a educação básica como ensino superior. Para isso, destaca-se a importância da formação do professor para compreender suas potencialidades pedagógicas para incluí-las, com intencionalidade educacional, em suas práticas escolares.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, Gersica et al. WhatsApp como ferramenta de apoio ao ensino. In: **Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação**. 2015. p. 787.

ALRASHEEDI, Muasaad; CAPRETZ, Luiz Fernando. **Determinação de fatores críticos de sucesso que afetam a aprendizagem móvel: uma abordagem de meta-análise**. arXiv preprint arXiv:

1801.04288 , 2018.

ANDREWS, T., SMYTH, R., TYNAN, B., BERRIMAN, A., VALE, D., & CLADINE, R. (2010). **Mobile technologies and rich media: expanding tertiary education opportunities in developing countries.** In A. G. Abdel-Wahab, & A. A. El-Masry, **Mobile Information Communication Technologies Adoption in Developing Countries: Effects and Implication.** New York: Idea Group Inc.

BENTO, Maria Cristina Marcelino; CAVALCANTE, Rafaela dos Santos. Tecnologias Móveis em Educação: o uso do celular na sala de aula. **Educação, Cultura e Comunicação**, v. 4, n. 7, 2013.

CABRAL, Mayara Kaynne F. et al. Indicators Related to Learning through Facebook. **International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning**, v. 6, n. 2, p. 128, 2016.

CASTRO, Street. **WhatsApp Messenger** Disponível em: <[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.whatsapp&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.whatsapp&hl=pt_BR)>. Acesso em 22 de agosto de 2016.

CLIENTE AS. **Quase 90% dos brasileiros têm Whatsapp.** Disponível em:<<http://www.clientesa.com.br/estatisticas/61353/quase-90-dos-brasileiros-tem-whatsapp/imprimir.aspx>>. Acesso em 4 de agosto de 2016.

COSTA, Giselda dos Santos. MOBILE LEARNING: Explorando potencialidades com o uso do celular no ensino-aprendizagem de língua inglesa como língua estrangeira com alunos da escola pública. 2013. DEMO, Pedro. Formação permanente e tecnologias educacionais. Editora Vozes, 2006.

GIRAFFA, Lucia Maria Martins. **Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais.** 1999. Tese de Doutorado. Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

HONORATO, Wagner de Almeida Moreira; REIS, Regina Sallete Fernandes. WhatsApp: uma nova ferramenta para o ensino. **IV SIDTECS-Simpósio de Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade.** Disponível em:< <http://www.sidtecs.com.br/2014/wp-content/uploads/2014/10/413.pdf>> Acesso em, v. 25, p. 12, 2014.

KAIESKI, Naira; GRINGS, Jacques Andre; FETTER, Shirlei Alexandra. Um Estudo sobre as Possibilidades Pedagógicas de Utilização do Whatsapp. **RENOTE**, v. 13, n. 2.

KUKULSKA-HULME, A., & TAXLER, J. (2007). **Designing for mobile and wireless learning.** In H. Beetham, & R. Sharpe, **Rethinking Pedagogy for a Digital Age: Designing and Delivering e-Learning** (pp. 180-192). London: Routledge.

LAOURIS, Yiannis; ETEOKLEOUS, Nikleia. Precisamos de uma definição de como educacionalmente relevante de aprendizagem móvel. In: **Anais da 4ª Conferência Mundial sobre Mobile Learning.** 2005. p. 290-294.

MATTAR, Fauze; MOTTA, Sérgio. **Pesquisa de Marketing, 7ª Edição.** Vol. 7. Elsevier Brasil, 2014.

MOURA, A., & CARVALHO, A. (2010). **Mobile learning: using SMS in educational contexts.** In N. Reynolds, & M. Turcsányi-Szabó (Ed.), **Key Competencies in the Knowledge Society, World Computer Congress** (pp. 281-291). Brisbane: Springer.

MOURA, Adelina. **Geração Móvel: um ambiente de aprendizagem suportado por tecnologias móveis para a “Geração Polegar”.** Disponível em:<<http://adelinamouravita.com.sapo.pt/gpolegar.pdf>>. Acesso em: 05 de setembro de 2016.

OLIVEIRA, E. D. S. et al. Proposta de um modelo de cursos baseado em Mobile Learning: Um experimento com professores e tutores no WhatsApp. In: **Anais do XI Congresso Brasileiro de Ensino Superior a Distância. Florianópolis/SC.** 2014. p. 05-08.

OLIVEIRA, E. D. S. et al. Proposta de um modelo de cursos baseado em Mobile Learning: Um

experimento com professores e tutores no WhatsApp. In: **Anais do XI Congresso Brasileiro de Ensino Superior a Distância. Florianópolis/SC.** 2014. p. 05-08.

PELISSOLI, Luciano; LOYOLLA, Waldomiro. Aprendizado móvel (M-Learning): dispositivos e cenários. In: **Actas do congresso Internacional de Educação a Distância, Brasil.** Obtido em <<http://www.abed.org.br/congresso2004/por/htm/074-TC-C2.htm>> **Acessível em.** 2004. p. 03-06.

PLANA, Mar Gutiérrez et al. **Improving learners' reading skills through instant short messages: A sample study using WhatsApp.** 4th World CALL Conference, Glasgow, 10-13 julho, 2013.

PORTAL EDUCAÇÃO. **Tecnologia educacional: uma ferramenta a favor do ensino** Disponível em:< <http://www.portaleducacao.com.br/pedagogia/artigos/71914/tecnologia-educacional-uma-ferramenta-a-favor-do-ensino>>. Acesso em 23 de agosto de 2016.

RITTER<sup>1</sup>, Denise; REAL, Luana Pereira Villa; BULEGON, Ana Marli. **REDES SOCIAIS ATUANDO COMO UM AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM.**

SACCOL, A., BARBOSA, J. L., SCHLEMMER, E., & RIENHARD, N. (2010). **Corporate m-learning: applications and challenges.** In R. Guy, **Mobile Learning: Pilot Projects and Initiatives.** California: Information Science.

SACCOL, Amarolinda et al. **M-learning e u-learning: novas perspectivas da aprendizagem móvel e ubíqua.** 2011.

SANTOS, Solange RR; LIMA, Hommel A. de B. **WhatsApp como ferramenta de apoio ao ensino.**

SILVA, Lucilene Campos da H.; DA SILVA, Josiane Cescon F.; RIBEIRO, Marcia Martins. **WHATSAPP E A EDUCAÇÃO: UMA FERRAMENTA QUE PODE CONTRIBUIR PARA O ENSINO DE BIOLOGIA.** TELECO, **Estatísticas de Celulares no Brasil** Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/ncel.asp>>. Acesso em 23 de agosto de 2016.

WhatsApp, **como funciona**, disponível em:<[https://www.whatsapp.com/?l=pt\\_br](https://www.whatsapp.com/?l=pt_br)>. Acesso em 23 de agosto de 2016.

WhatsApp, **Perguntas Frequentes sobre Android** Disponível em:<[https://www.whatsapp.com/faq/pt\\_br/android](https://www.whatsapp.com/faq/pt_br/android)>. Acesso em 24 de agosto de 2016.

WILEN-DAUNGENTI, T. (2008). **Edu technology: technology and learning environments in higher education.** New York: Peter Lang.

## EXPLORAÇÃO E BUSCA VISUAL ROBÓTICA EM AMBIENTE SIMULADO

### Felipe Duque Belfort de Oliveira

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática Recife – Pernambuco

### Hansenclever de França Bassani

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática Recife – Pernambuco

### Aluizio Fausto Ribeiro Araujo

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Informática Recife – Pernambuco

**RESUMO:** Neste trabalho, foi concebido e simulado um agente robótico, *Angela*, com dois graus de liberdade, capaz de realizar busca e exploração visual num ambiente virtual. Sua arquitetura modular permite a fácil substituição e incorporação de módulos que incrementem sua funcionalidade. Na exploração, o módulo de atenção visual detecta objetos salientes e promove o aprendizado; na busca, o módulo de geração de propostas de objeto consegue sólidos resultados de detecção. O módulo de classificação, que determina se o objeto visualizado corresponde ao alvo, é composto pelo classificador oiSGNG (Online Incremental Supervised Growing Neural Gas), que foi concebido e implementado nesta dissertação. O oiSGNG resultou num artigo aceito para publicação no IJCNN 2017 (International Joint Conference on Neural Networks). O módulo de segmentação de imagem foi outra contribuição

deste projeto: o StochGrow, algoritmo de segmentação de imagens baseado em crescimento de regiões, fornece uma sólida solução para o compromisso de velocidade e qualidade de segmentação em tempo real. O sistema permite ramificações futuras para atender diversos problemas de robótica.

**PALAVRAS-CHAVE:** busca visual, atenção visual, robótica, aprendizado online.

### ROBOTIC EXPLORATION AND VISUAL SEARCH IN A SIMULATED ENVIRONMENT

**ABSTRACT:** In this work, a robotic agent named *Angela* has been devised and simulated. The virtual robot has two degrees of freedom and is capable of performing search and visual exploration in a virtual environment. Its modular architecture allows for straightforward substitution and improvements of its modules, aiming for better overall performance. During exploration, the visual attention module detects salient objects and triggers online learning; when in search mode, candidate objects are searched for by the object proposal generation module. The classification module, which determines whether the visualized object corresponds to the target, is comprised of oiSGNG (Online Incremental Supervised Growing Neural Gas), an original classification algorithm devised and implemented during this work. oiSGNG has

been featured in IJCNN 2017 (International Joint Conference on Neural Networks). The image segmentation module is another contribution of this work: StochGrow, which is based on region growing and provides a solid solution for the tradeoff between speed and quality of real time image segmentation. The complete system can be tweaked to address several real world robotic problems.

**KEYWORDS:** visual search, visual attention, robotics, online learning.

## 1 | MOTIVAÇÃO

Imagine que um robô, dotado de uma câmera acoplada a uma unidade pan-tilt (dois graus de liberdade) e situado numa sala de estudos, receba uma tarefa de localizar um lápis - esta é uma tarefa de busca visual. Uma solução possível seria realizar uma varredura no seu campo visual com janelas deslizantes (LAMPERT; BLASCHKO; HOFMANN, 2009), em várias escalas até encontrar uma janela com características semelhantes àquelas de um lápis. Essa abordagem pode ser extremamente custosa, já que, na maioria dos casos, a maior parte da imagem será analisada em vão, se o lápis ocupar uma pequena porção da imagem. Esse espaço de busca, entretanto, pode ser reduzido de forma a preservar somente regiões ou objetos com mais chances de ser realizada uma identificação bem-sucedida, como o sistema visual do ser humano e de outros animais funciona. Para isso, é preciso que o agente possa analisar o campo visual rapidamente para detectar possíveis regiões de interesse, e, em seguida, concentrar maior poder computacional nessas regiões.

## 2 | EXPLORAÇÃO E BUSCA VISUAL

O agente robótico apresentado neste capítulo é capaz de realizar exploração e busca visual. Apesar de os mecanismos e as motivações biológicas dessas duas ações serem distintas, veremos que será possível trabalhá-las, no contexto da robótica, seguindo um mesmo arcabouço.

Em (VOSS; KELLER, 2013), são debatidas as diferentes motivações da exploração e da curiosidade nos seres humanos. Por que sentimos a necessidade de explorar um labirinto desconhecido? Uma possível resposta é, simplesmente, que nosso corpo e nossa mente são capazes de fazê-lo: é a motivação por capacidade. Outra corrente de pesquisadores acredita que a exploração ocorre para resolver a instabilidade causada pelo medo do desconhecido. Dentre tantas outras correntes, há pelo menos um aspecto comum a todas elas: o resultado da exploração é o aprendizado. Enquanto a busca visual tem como objetivo recuperar algum objeto conhecido, a exploração tem como objetivo aprender sobre o mundo, dando subsídios a futuras buscas.

Já a busca visual tem a seguinte definição: (SHUBINA; TSOTSOS, 2010) “um problema de maximização da probabilidade de detectar um alvo dentro de uma

restrição de custo”. Em Rao et al. (1996), a busca visual em humanos engloba três processos: (a) determinação do alvo, no qual o cérebro determina o ponto seguinte de fixação; (b) movimento ocular, etapa que recebe a localização calculada no ponto anterior e realiza o movimento sacádico de forma a centralizá-la (foveá-la) na região de maior acuidade do campo visual, e (c) processo de decisão, que é responsável pelas atividades cerebrais de alto nível relacionadas com a visão, que, no caso da busca por um objeto, deverá concluir se o objeto visualizado corresponde ao procurado.

Partindo, agora, ao mundo da robótica, em Begum e Karray (2011), tentou-se destringir problemas específicos enfrentados pelos pesquisadores da área. Os autores dividiram em quatro grandes problemas. Um imediato é o da mudança do foco de atenção. O robô precisará de uma referência para se locomover no mundo, e o projetista precisa definir se a referência será local (egocêntrica) ou global. Em seguida, ao focalizar uma nova região, a análise dessa nova imagem deve tentar integrar espaço e objeto: regiões na imagem prováveis de conter o objeto procurado devem ter prioridade na análise. Para garantir certa autonomia ao agente, o projetista também deve escolher uma estratégia de aprendizado: o robô aprenderá em tempo real (online) ou será munido de conhecimento prévio (offline)? Por fim, é desejável que o robô tenha certo grau de independência e generalidade, de forma que ele possa atuar autonomamente no ambiente e num espectro amplo de tarefas relativas à busca visual.

Este trabalho tem como principais contribuições os seguintes pontos:

- na área de aprendizagem de máquina, foi proposto um novo classificador online e incremental, adequado para operação em tempo real (oiSGNG). Esse classificador resultou num artigo aceito na International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN) de 2017;
- na área de processamento de imagem, foi desenvolvido um algoritmo de segmentação de imagens baseado em crescimento de regiões (StochGrow);

### 3 | TRABALHOS CORRELATOS

Poucos trabalhos na literatura tentam resolver o problema da busca visual robótica. Nesta seção, serão brevemente explicados 4 trabalhos da área.

O primeiro, descrito em Begum et al. (2010), tem como objetivo a implementação de um modelo que permita um robô executar atenção overt (i.e., com movimento ocular) e seja capaz de resolver o problema de inibição de retorno dinâmico. Para lidar com o desafio do aprendizado online, os autores fizeram uso dos dois tipos de memória vistos anteriormente : memória de trabalho (WM) e memória de longo prazo (LTM). A primeira é a responsável pelo armazenamento das características do alvo da busca visual; a segunda, pelo armazenamento das características (obtidas pelo descritor SIFT) de todos os objetos observados até o momento presente. Os autores

utilizam uma arquitetura Bayesiana para estimar as grandezas de interesse.

Com uma abordagem e uma linguagem mais próximas da robótica cognitiva, o trabalho de Yu, Mann e Gosine (2012) tem como objetivo a implementação de um sistema de busca visual baseado na modulação top-down da atenção visual. Apesar de esse trabalho não se propor a resolver a busca visual robótica (nenhuma plataforma robótica é mencionada no artigo), sua relevância está nos módulos de localização, tomada de decisão e na aprendizagem não-supervisionada. A atuação do agente é realizada em quatro etapas: treinamento prévio, processamento pré-atentivo, modulação atenta e processamento pós-atentivo.

Em Xu, Kühnlenz e Buss (2010), foi desenvolvido um sistema de busca visual em tempo real baseado fortemente no mecanismo de atenção bottom-up. Esse sistema é capaz de realizar buscas por instância específica. Os autores explicitam três possíveis estados do robô: exploração, busca e operação. O sistema é baseado numa máquina de estados contendo os três estados, sendo o modo de busca dividido em etapas de atenção bottom-up, na qual o objeto é ativamente procurado, e top-down, quando o robô fixa seu campo visual no objeto encontrado.

Em Forssén et al. (2008), foi desenvolvido um robô móvel capaz de observar o mesmo objeto de diferentes perspectivas, a fim de aumentar o grau de precisão na identificação do alvo. Esse foi o projeto vencedor da competição internacional Semantic Robot Vision Challenge (SRVC) de 2007. Como o robô é móvel, boa parte do artigo é dedicada a explicar a navegação e o mapeamento do agente. O funcionamento do robô é dividido em cinco etapas: construção do modelo dos objetos, exploração do ambiente, detecção de objetos de interesse, obtenção de diferentes pontos de vista e reconhecimento de objetos. Esse trabalho permite ao robô buscar por objetos específicos (busca por instância) e por objetos genéricos (busca por categoria).

#### 4 | MODELO PROPOSTO

Nesta seção, o projeto do robô de busca visual denominado Angela será explicado em detalhes. Em alguns módulos, foram utilizados alguns algoritmos já existentes na literatura (atenção visual (ITTI; KOCH; NIEBUR, 1998), representação de imagens (SZEGEDY et al., 2015) e geração de propostas (ZITNICK; DOLLÁR, 2014)); entretanto, para lidar com as especificidades do projeto, também foram concebidos alguns algoritmos: StochGrow, para realizar rápidas segmentações baseadas em crescimento de regiões, e

oiSGNG, que é um classificador online e incremental, propício para aprendizado

em tempo real.

#### 4.1 Características

Angela é um robô simulado de dois graus de liberdade do tipo pan-tilt, com base fixa. Quando não está engajada numa busca visual, ela explora o ambiente à sua volta para aprender possíveis novas categorias de objetos. Cada vez que um novo objeto é encontrado, ela armazena em sua memória a localização (baseada no seu estado interno) e a categoria desse novo objeto. Dessa forma, ela pode evitar atender regiões previamente exploradas, assim como poderá buscar rapidamente objetos já encontrados. Após explorar suficientemente determinada região, Angela muda o estado de suas juntas de forma a visualizar outra região do ambiente. A exploração reinicia nesse novo campo visual. Ao receber um comando para buscar algum objeto de determinada categoria, ela primeiramente busca na sua memória se já avistou algum objeto da categoria desejada. Caso positivo, ela direciona sua câmera de forma a centralizá-lo no seu campo visual, verifica se o objeto realmente pertence à dada categoria, e, caso afirmativo, reporta ao operador humano. Caso não consiga reconhecê-lo (o objeto pode ter sido removido do seu local ou pode ter havido uma falha no reconhecimento), ela procura novamente na sua memória outros objetos da mesma categoria. Caso não encontre nenhum, o algoritmo de geração de regiões candidatas EdgeBoxes (ZITNICK; DOLLÁR, 2014) é utilizado para uma busca fina em todo o campo visual. Caso o objeto não seja encontrado nessa porção do ambiente, Angela atualiza o estado de suas juntas de forma a visualizar uma região contígua ao campo visual anterior, reiniciando a busca.

Angela pode iniciar sua operação de duas formas: tabula rasa, ou seja, sem nenhum conhecimento prévio, ou com treinamento prévio. No primeiro caso, ela depende exclusivamente da exploração para aprender sobre os objetos, e só poderá começar uma busca após realizar alguma exploração; no segundo caso, ela pode iniciar buscas imediatamente.

Toda a operação de Angela é realizada no ambiente de simulação construído no software V-REP (ROHMER; SINGH; FREESE, 2013). A Figura 1 mostra Angela e parte do ambiente simulado no V-REP. A versão educacional do software é gratuita e decódigo livre.

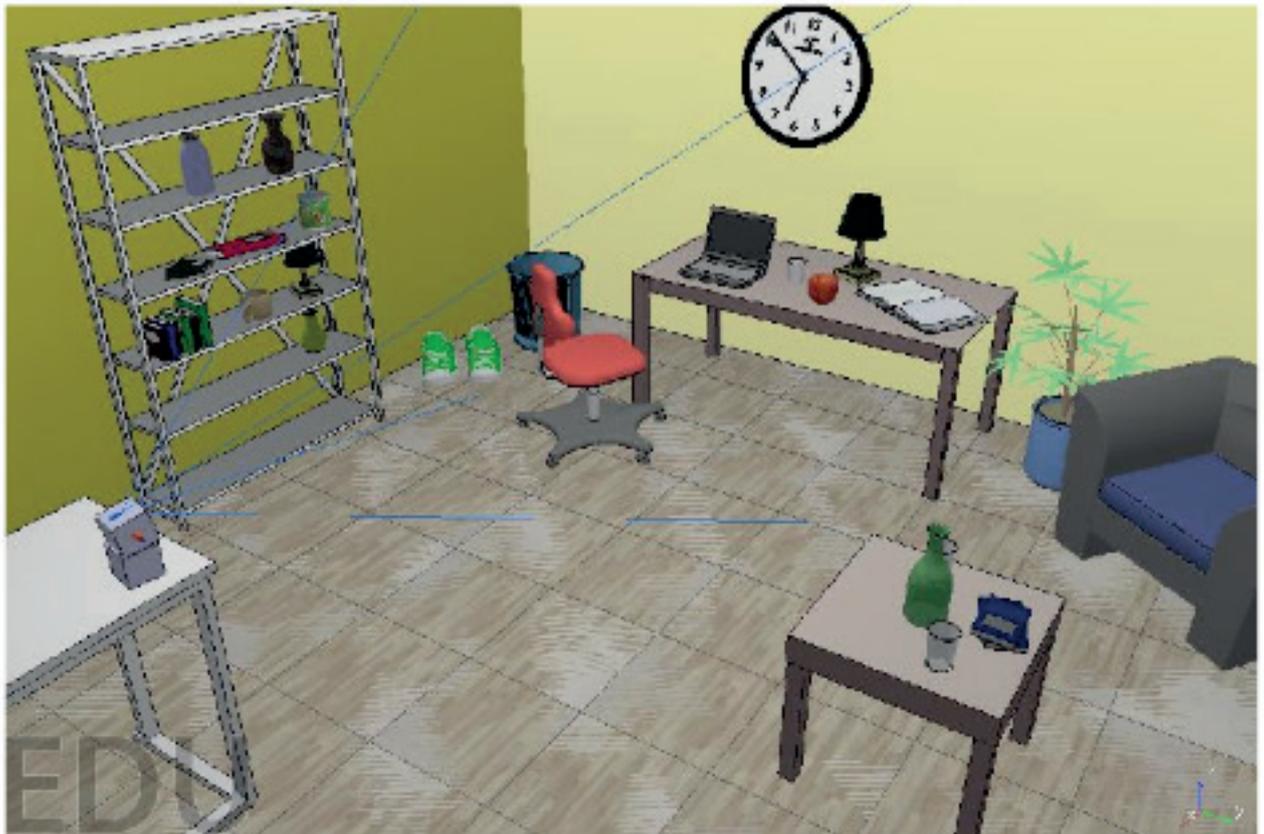


Figura 1: O robô Angela, sobre a mesa à esquerda, e parte do ambiente de operação no V-REP.

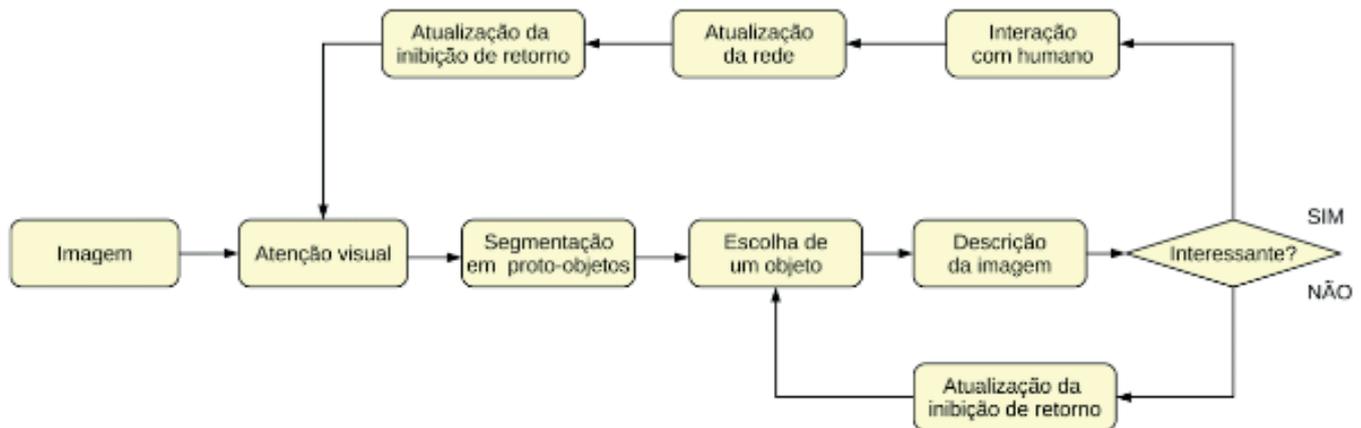
## 4.2 Modo de exploração

O estado padrão de Angela é a exploração, cujo fluxograma de execução é mostrado na Figura 2. Cada bloco será explicado brevemente.

### 4.2.1 Atenção visual e segmentação em proto-objetos

Nessa etapa, Angela localiza pontos salientes no seu campo visual por meio do algoritmo de atenção visual de Itti, Koch e Niebur (1998) e os “cresce”, para obter proto-objetos. O módulo da atenção fornece como saída uma lista com a localização dos  $q$  picos de maior saliência, onde  $q$  é um parâmetro do sistema fornecido pelo usuário. Neste modelo, o módulo de atenção visual funcionará apenas no modo de exploração visual porque, como a exploração é realizada com a interação com um humano, as centenas ou milhares de regiões propostas obtidas por algoritmos de geração de propostas tornariam

essa interação inviável. Mapas de saliência fornecem poucos picos de saliência significativos (normalmente não passam de 30), tornando a experiência mais palatável ao operador humano.



O algoritmo de segmentação recebe uma ou mais “sementes” (i.e., pixels iniciais a partir dos quais o crescimento ocorrerá). Iterativamente, pixels vizinhos de cada semente são incorporados de acordo com sua semelhança com a semente. A semelhança normalmente é medida pela diferença entre a intensidade ou valor RGB dos pixels envolvidos. O crescimento termina quando não há mais pixels a serem incorporados.

Entretanto, crescer a região pixel por pixel pode prejudicar o desempenho de um robô em tempo real. Por isso, no modelo, foi projetada e implementada uma variação estocástica desse algoritmo tradicional, denominada StochGrow. Seu funcionamento é simples: em vez de todos os pixels da fronteira serem candidatos à incorporação, somente  $n$  pixels da fronteira são escolhidos aleatoriamente. Além disso, a fronteira cresce em passos de  $k$  pixels, proporcionando um crescimento mais rápido do que no algoritmo original.

#### 4.2.2 O proto-objeto é interessante?

Após a segmentação em proto-objetos (ou objetos), cada um deles é analisado quanto ao seu interesse para o aprendizado de Angela. Isso é feito por meio de uma função que informa se o proto-objeto é interessante ou não. Caso afirmativo, Angela perguntará ao operador humano: “O que é isto?”. Caso negativo, outro proto-objeto é selecionado. Cada proto-objeto é, antes, descrito por uma rede profunda do tipo GoogLeNet. Neste modelo, foi utilizada a implementação pré-treinada da plataforma Caffe (JIA et al., 2014).

A função que avalia se o proto-objeto é interessante recebe como entrada um parâmetro chamado curiosidade, representado pela letra  $\phi$ , que é determinado na inicialização do sistema pelo usuário. Quanto maior a curiosidade, maior a chance de qualquer proto-objeto ser considerado interessante. O objeto também é considerado importante caso Angela tenha conhecimento de poucas categorias (no projeto, foi escolhido o valor de 5). Além disso, também é analisado se a pose do robô (ou poses suficientemente próximas) referente a esse objeto já foi visitada anteriormente, por

meio de uma tabela de inibição de retorno, que será explicada mais adiante. Caso afirmativo, o objeto é considerado não-interessante.

#### 4.2.3 Interação com humano

Dado que um objeto é interessante, Angela pergunta “o que é isto?” (*what is it?*) ao operador humano, que deverá responder a categoria à qual o objeto pertence. Toda a interação é feita por meio de texto. O humano saberá o objeto ao qual Angela se refere porque é gerada uma janela com um retângulo evidenciando o objeto encontrado.

Nessa mesma etapa de interação, o usuário tem mais duas opções: “próximo” (*next*) e “busca” (*search*). A escolha por “próximo” se baseia na possibilidade de o proto-objeto mostrado não representar nenhum objeto específico. Logo, “próximo” simplesmente informa Angela a escolher outro proto-objeto. Ainda assim, a tabela de inibição de retorno é atualizada com a pose desse objeto pouco significativa para evitar que seja visitado novamente. Na exploração, deseja-se uma pequena quantidade de “próximos”.

Já a escolha por “busca” comunica ao robô que entre no estado de busca. É importante ressaltar que, durante a exploração, a interação com o humano só ocorre caso algum proto-objeto seja considerado interessante. Logo, após uma exploração exaustiva do ambiente, a probabilidade de isso acontecer tende a diminuir, já que muitas poses consideradas já estarão na tabela de inibição de retorno, e, portanto, não serão interessantes. Como o modo busca só pode iniciar a partir da exploração (ou de outra busca), o papel de curiosidade se torna relevante porque pode se tornar o principal meio de Angela considerar algum objeto relevante.

Caso o usuário tenha fornecido uma categoria durante a interação, o classificador é atualizado. Se a categoria fornecida nunca tiver sido vista anteriormente, um novo nodo pertencente à categoria é inserido no oiSGNG, contrário, a imagem será uma instância de treinamento.

#### 4.2.4 Atualização da inibição de retorno

Após o aprendizado advindo da exploração, a tabela de inibição de retorno deve ser atualizada para impedir que uma região visitada seja visitada novamente. Outro papel muito importante dessa tabela é a possibilidade de rapidamente concluir uma busca de um objeto já visto anteriormente por meio da simples recuperação do estado interno do robô ao visualizar o objeto pela primeira vez. Na tabela a seguir, pode-se ver como é a estrutura da tabela de inibição de retorno.

Pose de encontro	Pose do objeto	Categoria	Janela
$(\alpha_0, \beta_0)$	$(\alpha_{obj1}, \beta_{obj1})$	pinguim	(29, 179, 23, 73)
$(\alpha_0, \beta_0)$	$(\alpha_{obj2}, \beta_{obj2})$	iglu	(113, 181, 89, 151)

Na primeira coluna, é registrada a pose do robô que permitiu visualizar o objeto; na segunda, a pose do robô necessária para centralizar o objeto no campo visual do robô; na terceira, a categoria do objeto, e na quarta, as coordenadas da janela (obtida por StochGrow ou, no modo de busca, por EdgeBoxes) que contém o objeto. Note que, numa mesma pose de encontro, o robô pode detectar vários objetos - a pose discriminante de cada objeto é a pose do objeto.

### 4.3 Modo de Busca

O modo de busca é ativado no modo de exploração, quando o usuário deverá informar que deseja realizar uma busca. Há, então, dois caminhos para concluir a busca: um baseado na tabela de inibição de retorno (que pode ser considerada uma memória de longo prazo) e outro baseado na geração de regiões candidatas.

#### 4.3.1 Busca baseada na memória

Após receber do humano a categoria a ser buscada, Angela verifica na tabela de inibição de retorno se essa categoria já foi visitada antes. Caso positivo, a busca poderá ser realizada muito rapidamente. Angela considera que a categoria desejada foi encontrada caso pelo menos um nodo dentre os dois vencedores do oiSGNG pertença à categoria desejada. A seguir, o humano precisa verificar se o objeto detectado lhe satisfaz. Caso positivo, a tabela de inibição de retorno é atualizada. Caso negativo, ou seja, quando o objeto não está mais no local onde estava, Angela procura novamente na tabela se há algum outro objeto da categoria desejada. Caso não haja, o método de geração de propostas de objeto será utilizado.

#### 4.3.2 Busca baseada na geração de propostas de objeto

Caso a categoria a ser buscada nunca tenha sido vista anteriormente na cena, ou seja, caso Angela tenha iniciado sua operação munida de conhecimento advindo de treinamento prévio, a busca se baseará no algoritmo de geração de propostas EdgeBoxes (ZITNICK; DOLLÁR, 2014). Esse algoritmo utiliza informações de textura para gerar várias janelas na imagem nas quais, provavelmente, haverá algum objeto de interesse.

Após a geração, descrição e classificação das regiões candidatas, Angela pergunta ao humano se cada uma das janelas consideradas positivas (i.e., que, de acordo com o classificador, contém algum objeto da categoria desejada) realmente foi uma boa detecção. Entretanto, diferentemente do algoritmo de atenção visual, que fornece no máximo poucas dezenas de pontos salientes significativos, EdgeBoxes pode fornecer centenas de regiões candidatas, tornando essa interação humana muito desconfortável. Por isso, a quantidade  $qb$  de janelas a serem fornecidas por EdgeBoxes é um parâmetro do sistema.

## 5 | EXPERIMENTOS E RESULTADOS

Nesta seção, o sistema de busca visual detalhado na seção anterior será avaliado nos modos de exploração e busca. Em ambos os modos, serão avaliadas a taxa de detecção das categorias presentes no ambiente e a eficiência dessas detecções (i.e., quantos falsos positivos os módulos de atenção visual e geração de propostas forneceram antes de encontrar as categorias).

Antes disso, porém, é preciso validar o classificador *oiSGNG*. Em Duque-Belfort et al. (2017) foi visto que o algoritmo obteve resultados plenamente satisfatórios em vários dos conjuntos de testes. O algoritmo de geração de propostas *EdgeBoxes* não será validado porque isso já foi feito exaustivamente em Hosang et al. (2016). Considerando validados os dois principais módulos do sistema, podemos agora prosseguir com os experimentos com o sistema completo. Serão testados os modos de exploração, busca e o módulo de inibição de retorno. Antes, porém, será descrito o ambiente de testes.

### 5.1 Ambiente de testes

Como mencionado anteriormente, o ambiente simulado no qual *Angela* está inserida foi construído com o software *V-REP* (ROHMER; SINGH; FREESE, 2013). O objetivo foi o de tornar o ambiente semelhante a um escritório real. Para isso, foi necessário incorporar objetos que o *V-REP* originalmente não disponibilizava. Os objetos baixados são todos de livre utilização não-comercial. No ambiente de testes, há, no total, 12 categorias de objetos: copo, laptop, garrafa, vaso, livro, maçã, abajur, lixeira, relógio, poltrona, lata e cadeira.

### 5.2 Modo de exploração

Podemos medir a eficácia da exploração de acordo com a quantidade de objetos descobertos pelo robô. Já a eficiência será tanto maior quanto menor for a quantidade de falsos positivos, já que estes tornam a exploração mais lenta. Os falsos positivos são contabilizados quando *Angela* considera interessante um possível proto-objeto que, na verdade, não corresponde a nenhum objeto real. O julgamento a respeito da qualidade do proto-objeto (se ele corresponde ou não a um objeto real) cabe ao operador humano.

O principal parâmetro da exploração é  $q$ , que é a quantidade de picos fornecidos pelo algoritmo de atenção visual que servirão de sementes para o algoritmo de crescimento de regiões. Quanto maior o valor, maiores as chances de novos objetos serem detectados, mas também poderá aumentar a quantidade de falsos positivos. O teste é finalizado quando o robô realiza uma varredura completa na cena. A Tabela 1 mostra os resultados da exploração. A taxa  $r$  é a razão entre a quantidade de categorias descobertas e a quantidade de categorias existentes na cena. Os falsos positivos são expressos na coluna  $fp$ . Esses resultados foram

obtidos com o robô sendo iniciado sem nenhum treinamento prévio.

Note que aumentando  $q$ , a quantidade de categorias encontradas não aumentou, ao mesmo tempo em que a eficiência caiu bastante. Logo, o robô com  $q = 10$  forneceu melhores resultados.

$q$	$r$	$fp$
10	9/13	43
30	9/13	89

Tabela 1: Resultado da exploração.

### 5.3 Modo de busca

Para avaliar o modo de busca, Angela pode iniciar sua operação de duas formas: pré-treinada ou sem treinamento. No segundo caso, todo o aprendizado será obtido por meio da exploração, sendo possível, portanto, a utilização da tabela de inibição de retorno para rapidamente recuperar objetos vistos anteriormente. Esse teste será descrito na seção seguinte.

Nesta seção, será testado o desempenho do sistema munido de treinamento prévio. A eficácia do sistema depende da quantidade de categorias encontradas, enquanto a eficiência depende dos falsos positivos da detecção, i.e., quantas tentativas erradas foram realizadas para encontrar cada categoria. O principal parâmetro deste experimento é a quantidade  $qb$  de janelas fornecidas pelo algoritmo de geração de propostas EdgeBoxes. Quanto maior esse número, maiores as chances de os objetos desejados serem encontrados, mas também deverá crescer a quantidade de falsos positivos. Nos testes,  $qb = 40$ .

O pré-treinamento foi realizado com imagens baixadas da internet pertencentes às categorias presentes no ambiente; foram utilizadas 100 imagens por categoria. O oiSGNG foi treinado baseado nessas imagens descritas pela rede GoogLeNet.

Um objeto é considerado corretamente detectado caso o operador humano concorde com a detecção sugerida pelo robô. Por exemplo: se o humano requisita que Angela procure um pinguim, e se, ao analisar determinada janela proposta pelo EdgeBoxes, Angela considere que o conteúdo da janela pertence à categoria “pinguim”, o humano deverá julgar se a janela realmente se refere à categoria procurada. Caso positivo, a categoria é considerada detectada; caso contrário, é contabilizado um falso positivo.

Para Angela considerar que determinada janela se refere a alguma categoria  $C$ , os dois nodos mais ativos do oiSGNG para essa janela são analisados. Caso algum desses nodos pertença a  $C$ , Angela considera que a janela se refere a  $C$ .

A Tabela 2 mostra os resultados de busca para todas as 12 categorias. Foram realizadas 3 rodadas de busca para cada categoria; em cada rodada, Angela iniciou a busca numa pose aleatória. No total, todos os objetos foram encontrados pelo menos uma vez. A quantidade total de falsos positivos foi 368. Note que houve poucas ocasiões em que os objetos não foram encontrados. Note, também, que a categoria “maçã” destoa das demais pela grande quantidade de falsos positivos. Isso provavelmente se deve ao fato de vários objetos compartilharem sua forma curvilínea (vaso, cadeira, garrafa etc). Para tentar reduzir essa quantidade,

Classe	Fp (s/n)		
	copo	<b>8 (n)</b>	<b>11 (n)</b>
laptop	2 (s)	4 (s)	0 (s)
garrafa	0 (s)	0 (s)	0 (s)
vaso	4 (s)	1 (s)	7 (s)
livro	19 (s)	15 (s)	11 (s)
maçã	<b>68 (n)</b>	52 (s)	<b>46 (n)</b>
abajur	1 (s)	1 (s)	0 (s)
lixeira	36 (s)	0 (s)	17 (s)
relógio	3 (s)	17 (s)	0 (s)
poltrona	0 (s)	11 (s)	4 (s)
lata	0 (s)	<b>16 (n)</b>	<b>12 (n)</b>
cadeira	1 (s)	0 (s)	1 (s)

Tabela 2: Resultado da busca baseada em pré-treinamento. Foi reportada a quantidade de falsos positivos fp e se o objeto foi encontrado ou não (s/n). Em negrito, buscas malsucedidas.

realizamos um segundo teste. Dessa vez, no pré-treinamento, foi incluída uma categoria com traços e formas genéricas, que não correspondem a nenhum objeto específico. O conjunto Caltech256 contém uma categoria desse tipo, chamada “clutter”. Utilizamos as imagens desse conjunto para o pré-treinamento.

Na Tabela 3, fica evidente a melhora na quantidade de falsos positivos: redução de quase 30% (de 368 para 261). Além disso, a quantidade de buscas malsucedidas também foi reduzida: de 6 para 1.

Classe	Fp (s/n)		
	copo	<b>3 (n)</b>	3 (s)
laptop	6 (s)	3(s)	0 (s)
garrafa	0 (s)	0 (s)	1 (s)
vaso	11 (s)	0 (s)	2 (s)
livro	11 (s)	15 (s)	11 (s)
maçã	28 (s)	23 (s)	7 (n)
abajur	1 (s)	0 (s)	0 (s)

lixreira	31 (s)	14 (s)	4(s)
relógio	0 (s)	0 (s)	0 (s)
poltrona	27 (s)	0 (s)	6 (s)
lata	5 (s)	6 (s)	41 (s)
cadeira	0 (s)	1 (s)	0 (s)

Tabela 3: Resultado da busca baseada em pré-treinamento com categoria “clutter”. Foi reportada a quantidade de falsos positivos fp e se o objeto foi encontrado ou não (s/n). Em negrito, buscas malsucedidas.

## 6 | CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi proposto um sistema de busca e exploração visual robótica em ambiente simulado. Suas principais características, que o diferenciam dos demais trabalhos, são: utilização de um algoritmo de geração de propostas de objeto, EdgeBoxes (ZITNICK; DOLLÁR, 2014); descrição de imagens com uma rede convolutiva profunda, GoogLeNet (SZEGEDY et al., 2015), e utilização de um classificador online e incremental (oiSGNG). O sistema também inclui a possibilidade de o robô, denominado Angela, aprender em tempo real por meio da exploração, ou iniciar sua operação pré-treinado, pronto para realizar buscas. Um simples mecanismo de inibição de retorno permite a rápida recuperação de objetos já vistos, além de impedir que o robô revisite regiões já atendidas anteriormente.

Os resultados mostraram que, no modo de exploração visual, mesmo após reduzir a quantidade  $q$  de picos fornecidos pelo módulo de atenção visual, não houve perda na eficácia, e a eficiência aumentou consideravelmente.

No modo de busca visual, Angela conseguiu encontrar todas as categorias pelo menos uma vez. Foi proposta, também, uma abordagem para reduzir a quantidade de falsos positivos: realizar o pré-treinamento com uma categoria extra, “clutter”, com o objetivo de abrigar proto-objetos genéricos, que não sejam considerados nenhum objeto específico. Essa abordagem reduziu a quantidade de falsos positivos em quase 29%, e ainda diminuiu a quantidade de buscas malsucedidas de 6 para 1.

Os próximos passos para tornar Angela mais robusta e independente incluem: mobilidade, como em Forssén et al. (2008), de forma a incrementar o aprendizado baseado na exploração, e implementação de aprendizado não-supervisionado, baseado em Yu, Mann e Gosine (2012), ou pelo menos algum modo de mesclar com o aprendizado supervisionado. Futuramente, também seria interessante incrementar a interface com o humano por meio de linguagem natural, como em Begum (2010), assim como viabilizar a realização de buscas mais complexas, como em Xu, Kühnlenz e Buss (2010).

No longo prazo, este tipo de trabalho pode auxiliar o desenvolvimento de robôs assistivos capazes de realizar tarefas úteis para seres humanos com algum tipo de deficiência, ou simplesmente tarefas que requeiram muito esforço. O potencial de robôs assistivos pode ser ainda maior utilizando o conceito de internet das coisas.

A interconectividade entre objetos e agente robótico num ambiente pode permitir a realização de tarefas progressivamente mais complexas de forma cada vez mais rápida, já que a etapa de localização do alvo poderá ser substituída por uma simples comunicação entre o agente e os objetos procurados.

## REFERÊNCIAS

BEGUM, M.; KARRAY, F. Visual attention for robotic cognition: a survey. *Autonomous Mental Development, IEEE Transactions on*, IEEE, p. 92–105, 2011.

BEGUM, M. et al. A probabilistic model of overt visual attention for cognitive robots. *IEEE Trans Syst Man Cybern B Cybern*, p. 1305–18, 2010.

DUQUE-BELFORT, Felipe; BASSANI, Hansenclever F.; ARAUJO, Aluizio FR. Online incremental supervised growing neural gas. In: *2017 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*. IEEE, 2017. p. 1034-1040.

FORSSÉN, P.-E. et al. Informed visual search: Combining attention and object recognition. In: *IEEE. Robotics and automation, 2008. icra 2008. ieee international conference on*. [S.l.], 2008. p. 935–942.

HOSANG, J. et al. What makes for effective detection proposals? *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, p. 814–830, 2016.

ITTI, L.; KOCH, C.; NIEBUR, E. A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*, IEEE, p. 1254–1259, 1998.

JIA, Y. et al. Caffe: Convolutional architecture for fast feature embedding. *ArXiv*, 2014.

LAMPERT, C. H.; BLASCHKO, M. B.; HOFMANN, T. Efficient subwindow search: A branch and bound framework for object localization. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, IEEE, p. 2129–2142, 2009.

RAO, R. P. et al. Modeling saccadic targeting in visual search. *Advances in neural information processing systems*, MORGAN KAUFMANN PUBLISHERS, p. 830–836, 1996.

ROHMER, E.; SINGH, S. P. N.; FREESE, M. V-rep: a versatile and scalable robot simulation framework. In: *Proc. of The International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. [S.l.: s.n.], 2013.

SHUBINA, K.; TSOTSOS, J. K. Visual search for an object in a 3d environment using a mobile robot. *Computer Vision and Image Understanding*, Elsevier, p. 535–547, 2010.

SZEGEDY, C. et al. Going deeper with convolutions. In: *The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. [S.l.: s.n.], 2015.

VOSS, H.-G.; KELLER, H. Curiosity and exploration: Theories and results. [S.l.]: Elsevier, 2013.

XU, T.; KÜHNLENZ, K.; BUSS, M. Autonomous behavior-based switched top-down and bottom-up visual attention for mobile robots. *Robotics, IEEE Transactions on*, IEEE, p. 947–954, 2010.

YU, Y.; MANN, G. K.; GOSINE, R. G. A goal-directed visual perception system using object-based top-down attention. *Autonomous Mental Development, IEEE Transactions on*, IEEE, p. 87–103, 2012.

ZITNICK, C. L.; DOLLÁR, P. Edge boxes: Locating object proposals from edges. In: *Computer Vision–ECCV 2014*. [S.l.]: Springer, 2014. p. 391–405.

## ESTUDO SOBRE A ESPECTROSCOPIA NIR PARA DETECÇÃO DO NÍVEL ALCOÓLICO NO SANGUE

### **Luis Gustavo Longo da Silva**

Graduando em Engenharia Elétrica

Lab 14 - Grupo de Pesquisa em Sistemas Eletrônicos, Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL) - Campus Pelotas  
Pelotas – Rio Grande do Sul

### **Cláudio Luis D’Elia Machado**

Doutor em Engenharia Mecânica, Lab 14 - Grupo de Pesquisa em Sistemas Eletrônicos, Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL) - Campus Pelotas  
Pelotas – Rio Grande do Sul

### **Fabiano Sandrini Moraes**

Mestre em Engenharia de Computação, Lab 14 - Grupo de Pesquisa em Sistemas Eletrônicos, Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL) - Campus Pelotas  
Pelotas -Rio Grande do Sul

### **Rafael Galli**

Mestre em Ciência e Tecnologia de Sementes, Lab 14 - Grupo de Pesquisa em Sistemas Eletrônicos, Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL) - Campus Pelotas  
Pelotas -Rio Grande do Sul

para a avaliação do nível de álcool no sangue é a espectroscopia no Infravermelho Próximo (Near Infrared- NIR), que se mostrou até mais eficaz que os métodos atualmente usados, como o etilômetro portátil - popularmente conhecido como “bafômetro”. Isto se deve porque o etilômetro utiliza um coeficiente de partição para medir o nível de álcool no sangue, que varia de acordo com os indivíduos, podendo gerar erros na estimativa do nível de álcool no sangue. Trabalhos já realizados na área comprovam que o etilômetro NIR é capaz de medir a concentração alcoólica no sangue durante o período de eliminação mais precisamente que o bafômetro convencional. Tendo isso em vista, o presente trabalho apresenta a fundamentação teórica para a construção de um etilômetro NIR de baixo custo, dando exemplos de emissores, receptores e processadores disponíveis no mercado que poderiam ser usados para a construção do mesmo. Além disso, são abordadas técnicas para a manipulação do espectro do receptor, visando a melhoria na interpretação tanto qualitativa como quantitativa dos dados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Espectroscopia. Infravermelho. Etilômetro.

**RESUMO:** O consumo abusivo do álcool é considerado um problema global, e número de acidentes em que o seu consumo está envolvido aumenta a cada ano. Como consequência, testes para a avaliação do nível alcoólico no sangue são cada vez mais importantes para combater estes acidentes. Um dos métodos

**ABSTRACT:** The abusive consumption of alcohol is considered to be a major global problem, and the number of accidents in which its consumption is related increases each year. As a result, blood alcohol evaluation tests are expected to play an important role in order to prevent these accidents, especially those in the workplace or roads. Amongst the available blood alcohol evaluation tests today, the Near Infrared Spectroscopy (NIR) is of particular interest, once its results are even more effective than the popular portable breath etilometer. This is due to the partition coefficient used by the etilometer, which compares the alcohol in the alveolar air expelled by the lungs of the subject in analysis to his/her bloodstream alcohol. Similar work has shown that the NIR etilometer is capable of measuring blood alcoholic concentration during elimination process even more precisely than conventional etilometers. With that in mind, this paper presents a theoretical approach on modeling and building a low cost NIR etilometer, showing examples of emitters, receivers and processors available at the market that could possibly be used to build this device. Besides, a few spectra manipulation techniques are also displayed, in order to get better qualitative and quantitative interpretation of the data.

**KEYWORDS:** Spectroscopy. Infrared. Etilometer.

### 1 | INTRODUÇÃO

O consumo e abuso de bebidas alcoólicas no trabalho, nas rodovias e em ambientes públicos é considerado um problema global. O número de acidentes em que o consumo de álcool está envolvido aumenta a cada ano resultando em bilhões de dólares de prejuízo em tratamento e seguro médico, perda de produtividade e de salário. Uma ferramenta de grande importância na prevenção de acidentes devido ao consumo de bebidas alcoólicas é o teste para avaliação do nível alcoólico no sangue (RIDDER; HENDEE; BROWN, 2005).

Um dos métodos para a realização da avaliação do nível alcoólico no sangue é realizada pelo etilômetro, conhecido popularmente como “bafômetro”, sendo a mais utilizada para testes rápidos. Nessa medição o indivíduo expira no aparelho que mede o álcool contido no ar oriundo dos alvéolos pulmonares, calculando o nível de álcool na corrente sanguínea através do coeficiente de partição (RIDDER; HENDEE; BROWN, 2005). O coeficiente de partição relaciona a concentração de álcool no ar alveolar com o álcool na corrente sanguínea. Por exemplo, considerando um coeficiente de partição de 1:2000, 2 dg/L de sangue corresponde acerca de 0,1 mg/L de ar alveolar expelido (ANDRADE; ANTHONY; SILVEIRA, 2009).

Conforme Ivamoto (2013), o coeficiente de partição pode variar de pessoa para pessoa e como nos “bafômetros” é utilizado um valor fixo, em torno de 2100, isto pode ocasionar erros na estimativa do nível de álcool no sangue. A relação entre o nível alcoólico no sangue como álcool contido no ar da expiração é fundamental,

pois as leis baseiam-se na concentração alcoólica no sangue e não no ar expirado.

Deste modo buscou-se métodos não-invasivos alternativos para a realização de testes rápidos menos dependentes da variação do coeficiente de partição. Um destes métodos é com o uso da espectroscopia.

A espectroscopia é uma ciência que estuda a interação dos diferentes tipos de radiação com a matéria. Dentro desse espectro eletromagnético está localizada a região do infravermelho próximo, com comprimento de onda de 770nm a 2500nm (SKOOG; HOLLER; CROUCH,2017).

A espectroscopia no Infravermelho Próximo (Near Infrared- NIR) é um tipo de espectroscopia vibracional cuja faixa de energia é suficiente para promover as moléculas de seu estado vibracional fundamental para outros estados excitados. O emprego da espectroscopia nessa região permite a obtenção de informações qualitativas e/ou quantitativas da interação da radiação sobre a matéria em estudo (CHAGAS, 2006).

Os métodos analíticos resultantes do uso da espectroscopia se fazem relevantes pois possuem alta velocidade na obtenção dos dados, demandam pouco ou nenhum preparo da amostra, possuem alta penetração do feixe de radiação e, principalmente, não são destrutivos ou invasivos (CHAGAS, 2006).

Dentre os trabalhos que estudam o tema pode-se citar os desenvolvidos por Ridder,Hendee e Brown (2005), Sharma, Sharma e Lahiri (2010) e Chagas (2006). Em Ridder, Hendee e Brown (2005) os autores mostraram que durante o período de eliminação do álcool a medição através da espectroscopia infravermelha é mais fiel que a medição pelo bafômetro. Para este estudo, ele usou um espectroscópio com interferômetro de Michelson customizado.

No estudo realizado por Sharma, Sharma e Lahiri (2010) foi utilizada a espectroscopia infravermelha para medir a concentração de álcool em amostras de sangue, obtendo os espectros de amostras de sangue contendo álcool e amostras livres de álcool. Como um dos resultados foi obtido com a excitação para o número de onda de  $1640\text{ cm}^{-1}$  uma diferença de 30% na transmitância (razão entre a quantidade de radiação eletromagnética que atravessa o meio e a quantidade que é emitida) entre as amostras.

Chagas (2006) desenvolveu um espectrômetro NIR portátil para a medição da concentração de álcool na gasolina e água em álcool combustível. Para as medições do álcool na gasolina, o autor utiliza como fonte de radiação uma lâmpada de tungstênio e como receptor fotodiodo GaInAs com comprimento de onda de 1480 nm.

Assim, este trabalho tem como objetivo realizar um estudo sobre o uso da espectroscopia infravermelha como uma técnica não-invasiva alternativa ao etilômetro para a medição do nível alcoólico no sangue.

## 2 | ESPECTROSCOPIA INFRAVERMELHA

A espectroscopia infravermelha é uma importante área da espectroscopia, principalmente pelo fato de poder trabalhar com praticamente todo e qualquer tipo de amostra – desde líquidos e soluções até gases e superfícies. Sendo baseada na absorção da energia emitida por uma onda eletromagnética na região infravermelha, resultando em vibrações nos átomos da molécula que se deseja estudar. Para que uma molécula possa absorver radiação infravermelha ela deve possuir uma característica específica, como por exemplo um momento dipolo da molécula deve mudar durante as vibrações. Essa é a chamada regra de seleção para a espectroscopia infravermelha (SUART, 2004).

Um dos compostos que são excitados na região do infravermelho próximo é o álcool. Embora a banda de análise da ligação O-H esteja centrada próximo de 2780 nm (região do infravermelho médio), a combinação de bandas e os harmônicos ocorrem na região do infravermelho próximo (SUART, 2004).

Os métodos analíticos resultantes do uso da espectroscopia se fazem relevantes pois possuem alta velocidade na obtenção dos dados, demandam pouco ou nenhum preparo da amostra, possuem alta penetração do feixe de radiação e, principalmente, não são destrutivos ou invasivos (CHAGAS, 2006).

Dentre os diferentes tipos de espectrômetros, pode-se citar:

- Os espectrômetros que utilizam métodos de transmissão, técnica que analisa a absorção da amostra quando exposta a uma radiação com único comprimento de onda;
- Os espectrômetros que utilizam métodos de reflexão, analisando a onda refletida pela amostra quando exposta a determinada frequência;
- Os espectrômetros baseados na Fourier-Transform Infrared (FTIR).

### 2.1 Espectroscopia pela reflexão difusa

O fenômeno da reflexão difusa em amostras é complexo. Quando a onda é emitida em direção a amostra de interesse, ela sofre tanto refração como reflexão e difração. Além disso, se a amostra é de interesse espectroscópico, ela também vai absorver energia em determinados comprimentos de onda. Como consequência, as amostras analisadas pela reflexão difusa absorvem e refletem energia simultaneamente (FRANCIS, 1998)

Esses fenômenos complicados são geralmente tratados por duas constantes, uma para a reflexão e outra para absorção. A teoria de Kubelka-Munk descreve duas constantes que já foram provadas qualitativamente para o estudo de diversas amostras, e podem ser usadas em trabalhos quantitativos em vários casos (KORTÜM, 2012).

Apesar da complexidade na análise dessas constantes, alguns softwares já convertem automaticamente o espectro para as unidades de Kubelka-Munk. Ademais,

a construção de um dispositivo capaz de realizar a espectroscopia infravermelho por reflexão difusa é mais acessível que os outros métodos (FTIR e Transmissão), pois basta um par emissor-receptor na faixa de comprimento de onda desejado.

### 3 | ETILÔMETRO NIR

A proposta de um etilômetro utilizando espectroscopia NIR por reflexão difusa foi elaborado com base no diagrama em blocos apresentado na Figura 1. O diagrama é composto por quatro blocos distintos: emissor, receptor, tratamento de sinal e o sistema computadorizado.

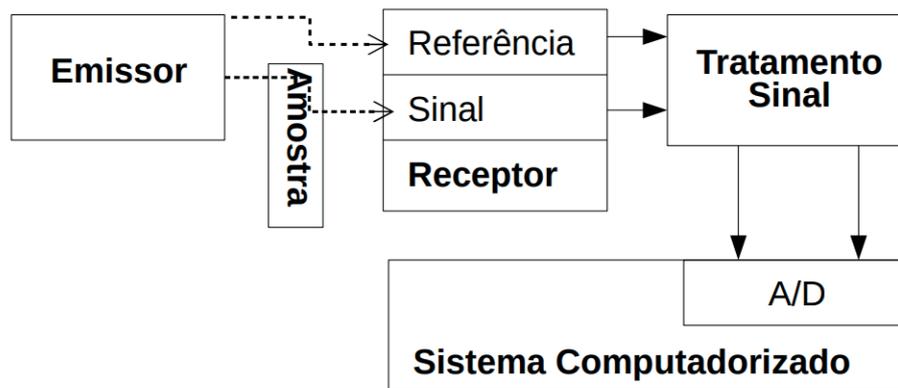


Figura 1: Diagrama de blocos de um espectrômetro simples

O emissor é o primeiro bloco, sendo responsável pela emissão da radiação infravermelho. Ele pode emitir uma faixa estreita (LEDs infravermelhos como o TIL32) ou larga (lâmpadas halógenas). É importante destacar que para equipamentos de baixo custo, emissores de banda larga podem ser problemáticos, uma vez que seu espectro geralmente não possui picos acentuados, dificultando a análise do sinal recebido. Emissores de banda estreita costumam ter picos mais acentuados em uma determinada região, facilitando o processo como um todo.

Na faixa de interesse para a análise do álcool NIR de 2780 nm e 1480 nm, duas opções são mais comuns: lasers e LEDs. Lasers são costumeiramente mais caros e maiores que LEDs, e possuem uma banda extremamente seleta.

No caso do laser tem-se o modelo 2780 nm FABRY-PEROT LASER DIODE da Brolis Semiconductors. Esse laser é de GaSb, com comprimento de onda de 2780 nm, potência de saída de 4 mW e com custo acima dos US\$1000 (Brolis Semiconductors, 2018). A Figura 2 apresenta o espectro da radiação emitida pelo laser, onde nota-se a característica de banda estreita da radiação emitida com comprimento de onda de 2795 nm com 200 mA e comprimento de onda de 2775 nm com 100 mA.

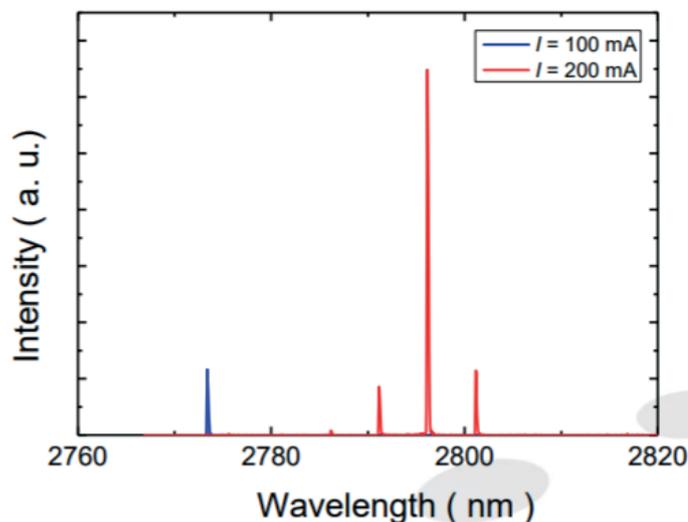


Figura 2: Espectro da radiação emitida pelo laser 2780 nm FABRY-PEROT LASER DIODE daBrolis Semiconductors, com corrente de 100 mA e 200 mA

Fonte: Brolis Semiconductors (2018).

Para o LED na faixa de 2900 nm optou-se pelo modelo LED29 da Roithner-Laser. Esse LED é de InAs, com comprimento de onda 2900 nm, potência de 0,008 mW e com um custo em torno de US\$100 (Roithner-Laser, 2018). A Figura 3 apresenta o espectro da radiação emitida pelo LED, onde observa-se que a sua banda é mais larga que a de um laser. Apesar do comprimento de onda de 2900 nm não seja exatamente o desejado, esse LED emite radiação infravermelho na faixa de 2400-3800 nm. Além do mais, a intensidade emitida no comprimento de onda de interesse (2780 nm) é cerca de 75% da intensidade máxima.

No entanto, pode-se trabalhar com as regiões harmônicas de absorção da ligação O-H. De acordo com o trabalho apresentado por Chagas (2006), a região de 1480 nm pode ser usada para medir a concentração de álcool em uma solução de água-álcool. Um exemplo de LED nesta região é o modelo LED15 da Roithner-Laser, com comprimento de onda de 1500 nm e com um custo em torno de US\$ 50,00 (Roithner-Laser, 2018). O laser com este comprimento de onda tem um custo em torno de US\$ 300,00.

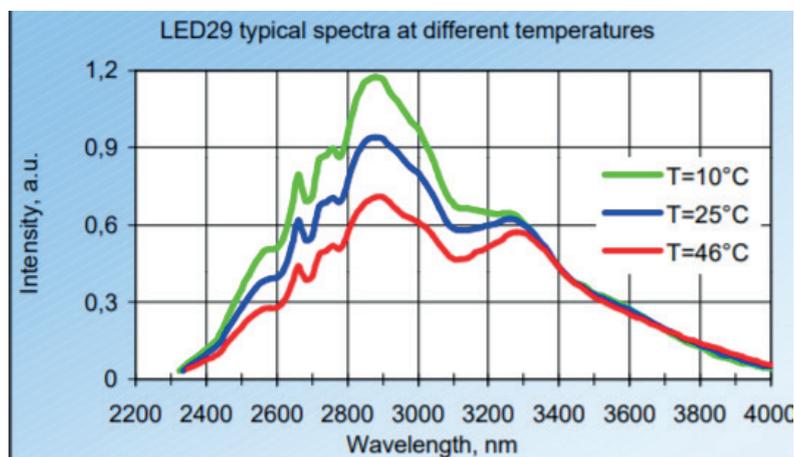


Figura 3: Espectro da radiação emitida pelo LED29 da Roithner-Laser.

Fonte: Roithner-Laser (2018).

O bloco do receptor é responsável por captar a radiação emitida pelo bloco do emissor e converter essa radiação em uma corrente elétrica. Para equipamentos de baixo custo, é importante que o receptor seja de banda estreita. Com uma banda larga de recepção poderia se captar comprimentos de onda indesejáveis que poderiam comprometer a análise do resultado da espectroscopia. No entanto, é possível combinar o conjunto emissor-receptor de acordo com a disponibilidade de mercado.

A captação da radiação emitida pelo emissor é realizada por dois canais o de referência e o do sinal. A captação do sinal de referência serve como base para a espectroscopia da amostra de interesse. Ele é captado diretamente do emissor, sem passar pela amostra, e ao compará-lo com o sinal que atravessou a amostra é possível realizar a análise da intensidade de radiação absorvida na amostra.

Um exemplo de receptor nesta faixa de comprimento de onda é o fotodiodo de InAs da série IA35 da Laser Componentes, capaz de captar radiação infravermelho na faixa de 900-3500 nm, com pico em 2800 nm (Laser Componentes, 2018). A Figura 4 mostra a resposta espectral do fotodiodo, nela pode-se observar a resposta do fotodiodo versus o comprimento de onda. Nota-se que o fotodiodo tem uma resposta de 0,2 em 1480 nm e com seu pico de 1,1 em 2800 nm. Deste modo é possível o seu uso tanto com emissores em 2800 nm como os emissores em 1480 nm.

O bloco Tratamento do Sinal é onde os sinais dos dois canais do receptor são tratados e condicionados para serem digitalizados no bloco do Sistema Computadorizado. Este tratamento é de fundamental importância para a análise dos dados, sendo capaz de ajudar tanto na interpretação qualitativa, como na interpretação quantitativa do espectro (SUART, 2004).

O condicionamento do sinal pode ser feito através de circuitos eletrônicos. Chagas (2006) utilizou três módulos para o tratamento do sinal oriundo de um detector InGaAs que é semelhante ao fotodiodo InAs, como ilustra a Figura 5. Primeiramente, o fotodiodo é associado a um amplificador de transimpedância que realiza a conversão da corrente gerada pelo fotodiodo em uma tensão (módulo 1),

que também opera como primeiro estágio de amplificação do sinal. Em seguida, o sinal é novamente amplificado e, posteriormente, filtrado para eliminar ruído de baixa frequência (módulo 2). Por fim, o sinal é retificado e novamente filtrado, dessa vez para eliminar ruídos de alta frequência (módulo 3).

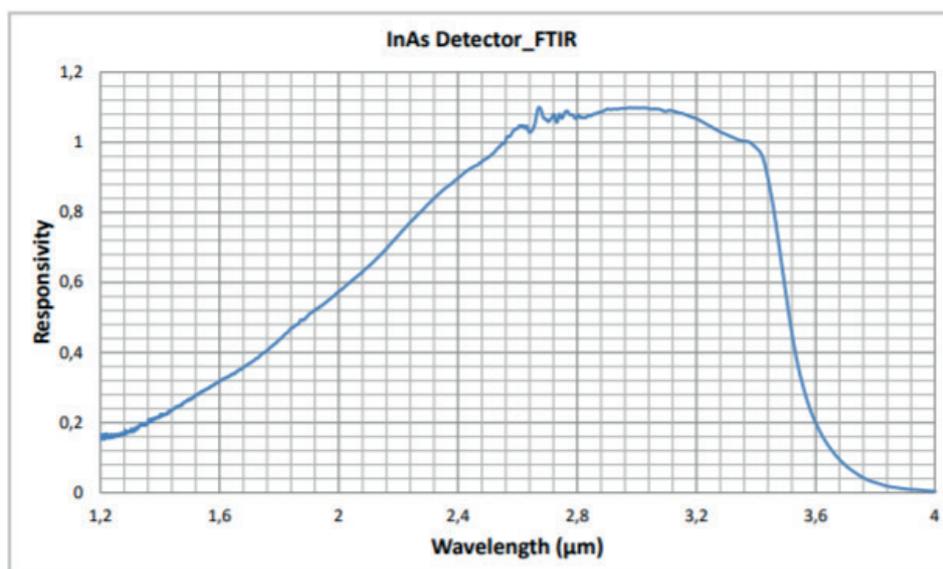


Figura 4: Resposta espectral do fotodiodo de InAs da série IA35 da Laser Componentes.  
Fonte: Laser Componentes (2018).

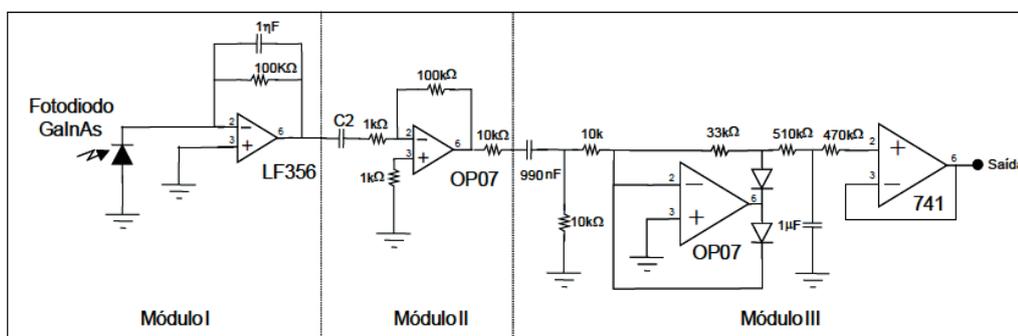


Figura 5: Circuito para um canal de tratamento de sinal utilizado por Chagas (2006).  
Fonte: Chagas (2006).

No último bloco, o sistema computadorizado é o responsável pelo processamento dos sinais obtidos no equipamento e por determinar a concentração de álcool na amostra. Um dispositivo de baixo custo que pode ser usado neste bloco é o Raspberry Pi, juntamente com uma interface homem-máquina, que pode ser encontrado por US\$ 40,00.

A Figura 6 mostra o esquema de montagem do sensor (emissor e receptor) do equipamento e a posição do dedo do indivíduo que será realizada a estimativa do nível de álcool no sangue. Deste modo, o sinal de luz oriundo do emissor penetra

o dedo passando pelos vasos sanguíneos, onde as moléculas de álcool absorvem uma parte da energia luminosa. Assim, o sinal luminoso de base é difusamente refletivo pelo dedo e o sinal luminoso resultante é capturado pelo receptor, sendo convertido em sinal elétrico. Externamente, o equipamento seria parecido com um oxímetro de dedo portátil (Figura 7).

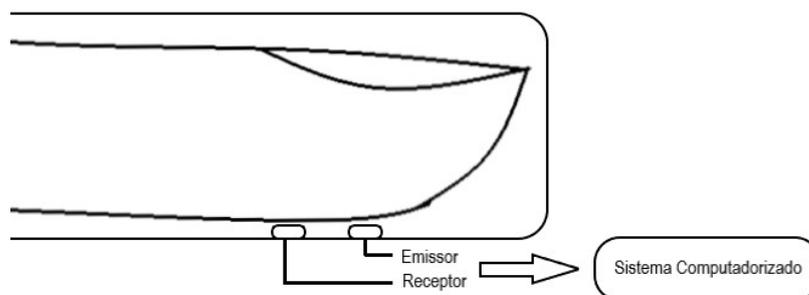


Figura 6: Esquemático de uma configuração para o dispositivo.



Figura 7: Oxímetro de dedo portátil Rossmax

Para isto os sinais oriundos dos dois canais do receptor (referência e sinal) são convertidos de analógico para digital através dos conversores A/D por uma janela de tempo determinada. Com os sinais convertidos é realizado o processamento de sinais que consiste em:

- Correção da linha de base;

- Suavização;
- Subtração de espectros;
- Ajuste de curva.

### 3.2 Correção da Linha de Base

A correção da linha de base é uma técnica comum na análise quantitativa da espectroscopia infravermelho. Segundo Liu, Y. (2018), quando o espectro de base não está com a linha de base em zero, surgem diversos problemas, como valores errôneos de integrais e picos adicionais no domínio da frequência. A correção da linha de base consiste em analisar o sinal da janela de interesse juntando os pontos de menor absorção de um pico, formando a linha de base, e depois comparar os picos com essa linha de base (Figura 8).

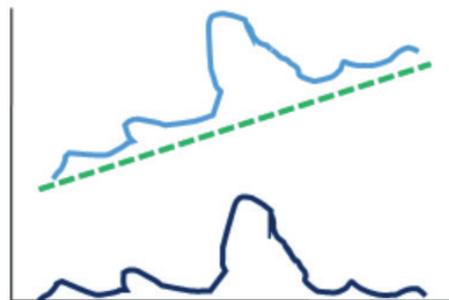
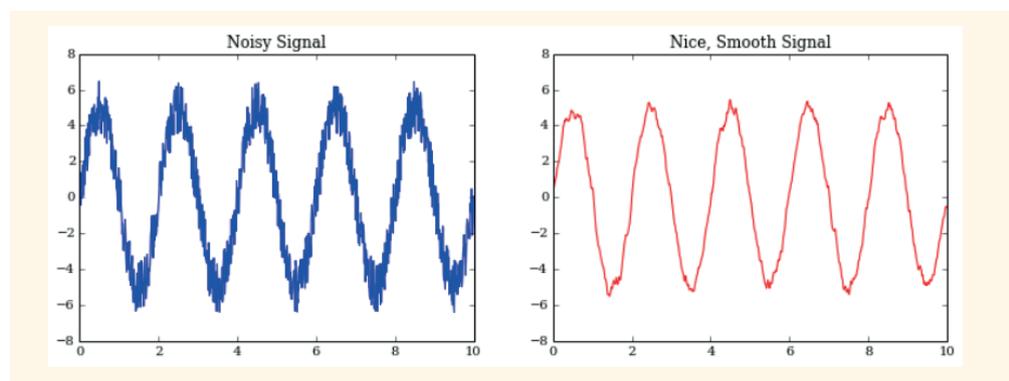


Figura 8: Diferença entre o espectro de base(topo) e o corrigido(abaixo)

### 3.2 Suavização

A suavização consiste em reduzir o nível de ruído da janela do sinal, com a utilização de filtragem digital preparando-o para o próximo estágio. Pode-se ver a diferença do sinal normal para o suavizado na Figura 9.



### 3.3 Subtração de Espectros

A subtração de espectros é essencial na análise de espectros compostos, como por exemplo uma solução de álcool em água. Ao subtrair o espectro da água do espectro da solução, pode-se analisar o efeito que o álcool teve sobre o outro componente. Se a interação entre os dois componentes resultar em mudança no espectro, essa mudança será vista no espectro subtraído. Vale ressaltar que por se tratar de subtração, há possibilidade de que picos negativos apareçam no espectro resultante.

Em relação ao dispositivo proposto, a subtração de espectros será a chave para a análise da concentração de álcool: a subtração do espectro de referência do espectro da amostra resulta no que foi absorvido pela amostra, e através das constantes de reflexão e absorção, pode-se calcular a concentração de álcool na amostra

### 3.4 Ajuste de Curva

O ajuste de curva pode ser usado tanto em um conjunto de pontos, como para adequar gráficos de bandas sobrepostas. Muitos dos métodos de ajuste de curva baseiam-se no método dos mínimos quadrados, e geralmente o procedimento consiste em entrar com valores de número de onda das bandas desejadas e um software determina a melhor estimativa dos parâmetros da curva resultante. O ajuste de curva é muito útil para a eliminação dos erros aleatórios da medição (SUART, 2004).

Sendo realizado o ajuste da curva resultante do método da subtração para a eliminação dos erros aleatórios da medição. Após é verificado o valor médio desta curva que será proporcional a concentração de álcool no sangue do indivíduo em teste.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à versatilidade para a análise de amostras, o uso da espectroscopia infravermelha é relevante. Ela se baseia na absorção da energia emitida por uma onda eletromagnética na região infravermelha. Dentre os diferentes tipos de espectrômetros, o espectrômetro por reflexão difusa é o mais simples e acessível.

No geral, é possível utilizar a espectrografia NIR por reflexão difusa para a avaliação da concentração de álcool em amostras. Para a construção de um espectrômetro por reflexão difusa são necessários 4 blocos: emissor, receptor, tratamento de sinal e sistema computadorizado.

Para a construção de um equipamento visando o baixo custo, existe a possibilidade de uso o LED 15 da Roithner-Laser e o receptor IA35 da Laser

Componentes, sendo que estes dois componentes correspondem a uma grande parte do custo total do equipamento. Como consequência, esse equipamento utilizaria LEDs na região de 1480 nm, uma harmônica da ligação O-H (cuja onda fundamental está centrada em 2780 nm).

Os LEDs nesta região são mais baratos que os lasers: na faixa de 2780 nm o laser é mais de 10 vezes mais caro; e na faixa de 1480 nm cerca de 6 vezes mais. Como o objetivo é o baixo custo, as vantagens que o laser traz devido à sua banda estreita não compensam seu preço elevado. No entanto, o uso de LEDs ainda representa um custo considerável em um projeto de baixo custo, pois os componentes não estão disponíveis para venda no país, sendo necessário obtê-los através da importação, gerando um alto custo para a elaboração do dispositivo.

Para o tratamento do sinal, o circuito elaborado por Chagas (2006) pode ser adotado sem maiores problemas, pois os componentes eletrônicos nele presente são mais acessíveis que a parte de emissão e recepção. Assim como o tratamento de sinal, a parte computacional poderia ser feita em um dispositivo de baixo custo - como um microcontrolador, por exemplo.

A parte computacional é de extrema importância, visto que é ela a responsável por analisar os sinais, manipulá-los, e fornecer o espectro resultante relacionado ao nível alcoólico no sangue do indivíduo em teste. Entre as técnicas utilizadas para a manipulação do espectro, podemos citar quatro que se destacam: a correção da linha de base, a suavização, a subtração de espectros e o ajuste de curva. Elas servem principalmente para melhorar o entendimento e a qualidade da análise, visto que o espectro utilizado na análise, na maior parte das vezes, possui ruído, está deslocado do valor zero e possui erros aleatórios de medição associado.

Deste modo é possível a construção de um protótipo de um espectroscópio NIR portátil para a realização de experimentos de avaliação de sua efetividade com amostras in vitro e posteriormente com humanos. A construção desse dispositivo, associado à análise correta e eficaz do seu espectro pode ser significativo para a concepção de um teste de embriaguez preventivo, contribuindo para a prevenção dos acidentes causados pelo uso de álcool.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. G. d.; ANTHONY, J. C.; SILVEIRA, C. M. **Álcool e suas consequências: uma abordagem multiconceitual**. Barueri (SP): Minha Editora, 2009. 3

Brolis Semiconductors. **DATA SHEET: 2780 nm FABRY-PEROT LASER DIODE**. 2018. Disponível em: <[https://www.laserdiodesource.com/files/pdfs/laserdiodesource\\_com/product2098/2780nm\\_5mW\\_c\\_mount\\_Fabry\\_Perot\\_Brolis\\_Semiconductor-142040134\\_5.pdf](https://www.laserdiodesource.com/files/pdfs/laserdiodesource_com/product2098/2780nm_5mW_c_mount_Fabry_Perot_Brolis_Semiconductor-142040134_5.pdf)>. Acesso em: 04 de outubro de 2018. 6, 7

CHAGAS, I. P. **Desenvolvimento de um fotometro portatil NIR para determinação do teor de água no álcool combustível e do teor de etanol na gasolina**. [S.l.]: Tese (Doutorado) – Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas., 2006. 3, 4, 5, 7, 8, 9, 13

FRANCIS, M. M. **Modern techniques in applied molecular spectroscopy**. [S.l.]: Wiley, New York, 1998. 5

IVAMOTO, H. S. **Alcoolemia baseada no ar alveolar**. [S.l.]: Disponível em: <<http://alexandrebasileis.blogspot.com/2013/04/alcoolemia-baseada-no-ar-alveolarblood.html>>, 2013. Acesso em: 04 de outubro de 2018. 3

KORTÜM, G. **Reflectance spectroscopy: principles, methods, applications**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012. 5

Laser Componentes. **InAS Photodiode IA35-Series**. 2018. Disponível em: <[https://www.lasercomponents.com/fileadmin/user\\_upload/home/Datasheets/lcdgi/ia35s500-inas.pdf](https://www.lasercomponents.com/fileadmin/user_upload/home/Datasheets/lcdgi/ia35s500-inas.pdf)>. Acesso em: 04 de outubro de 2018. 8, 9, 12

Liu, Y. **Programming in MATLAB for Data Analysis - Baseline Correction for NMR Spectra**. [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em: <<https://yangweiliu.wordpress.com/2015/12/07/programming-in-matlab-for-data-analysis-baseline-correction-for-nmr-spectra>>. Acesso em: 04 de outubro de 2018. 11

RIDDER, T.; HENDEE, S.; BROWN, C. **Noninvasive alcohol testing using diffuse reflectance near-infrared spectroscopy**. Applied spectroscopy, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 59, n. 2, p. 181–189, 2005. 3, 4

Roithner-Laser. **LIGHT EMITTING DIODES 1.6/4.6  $\mu\text{m}$  - Model: LED29 2.9 mm 8 mW**. 2018. Disponível em: <[http://www.roithner-laser.com/datasheets/led\\_midir/led29.pdf](http://www.roithner-laser.com/datasheets/led_midir/led29.pdf)>. Acesso em: 04 de outubro de 2018. 6, 7, 8, 12

SHARMA, K.; SHARMA, S. P.; LAHIRI, S. C. **Estimation of blood alcohol concentration by horizontal attenuated total reflectance–fourier transform infrared spectroscopy**. Alcohol, Elsevier, v. 44, n. 4, p. 351–357, 2010. 4

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Principles of instrumental analysis**. [S.l.]: Cengage Learning, 2017. 3

SUART, B. **Infrared spectroscopy: Fundamental and applications**. [S.l.]: John Wiley & Sons, Ltd, 2004. 4, 5, 8, 12

## ESTUDO COMPUTACIONAL DO COEFICIENTE DE IMPACTO VERTICAL EM LONGARINAS DE PONTES RODOVIÁRIAS BRASILEIRAS

### Vinícius Heidtmann Avila

Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional  
Rio Grande – Rio Grande do Sul

### Mauro de Vasconcellos Real

Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Engenharia Rio Grande – Rio Grande do Sul

### Márcio Wrague Moura

Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Engenharia Rio Grande – Rio Grande do Sul

**RESUMO:** Pontes rodoviárias no Brasil são projetadas de acordo com as normas de projeto NBR 7188 (2013) e NBR 7187 (2003), em que o modelo de carga móvel é composto por um veículo de três eixos. A configuração do modelo de carga móvel segue o padrão de uma versão mais antiga da norma, a NB-6 (1960). Apesar da atualização dos valores de carregamentos, o presente modelo de carga móvel não é apropriado para representar os efeitos atuais de trânsito nas pontes brasileiras. Os efeitos dinâmicos induzidos pela carga móvel são levados em conta através do coeficiente de impacto, aplicado no modelo de carga. Os valores estáticos do modelo de carga são obtidos pela multiplicação de seu carregamento por este coeficiente. O objetivo do trabalho é realizar uma análise dinâmica de vigas de pontes, determinar os efeitos dinâmicos, comparar

com os efeitos estáticos e medir a precisão do coeficiente de impacto. Os resultados obtidos para as vigas, demonstraram que para alguns casos, os coeficientes de impacto tiveram uma boa aproximação para transformar os esforços estáticos em dinâmicos. Porém em outros casos, tais coeficientes não apresentaram mesmo resultado. Por meio do estudo realizado foi possível identificar que os coeficientes de impacto previstos na norma podem ser aprimorados a partir de novos estudos levando em consideração as análises dinâmicas dos carregamentos das rodovias brasileiras.

**PALAVRAS-CHAVE:** pontes rodoviárias, modelos de cargas móveis, efeitos dinâmicos, coeficiente de impacto.

### COMPUTATIONAL STUDY OF THE VERTICAL IMPACT COEFFICIENT IN GIRDERS OF BRAZILIAN ROAD BRIDGES

**ABSTRACT:** Bridges in Brazil are designed according to design code NBR 7188:2013 [1] and NBR 7187:2003 [2], in which the moving load model is composed of a three-axle vehicle. The configuration of the moving load model follows the pattern of an older version of the code, the NB-6 (1960). Despite the updating of load values, the present moving load model is not appropriate to represent the current traffic effects in Brazilian bridges. The dynamic effects

induced by the moving load are taken into account by the impact coefficient, applied in the load model. The static values of the load model are obtained by multiplying its load by this coefficient. The objective of this work is to perform a dynamic analysis of bridge girders, to determine the dynamic effects, to compare with the static effects and to measure the accuracy of the impact coefficient. The results obtained for the beams, showed that for some cases, the impact coefficients had a good approximation to transform the static efforts into dynamic ones. However, in other cases, these coefficients did not show the same result. Through the study it was possible to identify that the impact coefficients provided in the code can be enhanced from new studies taking into account the dynamic analysis of loadings of Brazilian bridges.

**KEYWORDS:** *Bridges, Moving load models, Dynamic effects, Impact coefficient.*

## 1 | INTRODUÇÃO

De acordo com Marchetti (2008), denomina-se ponte a obra com a finalidade de transpor obstáculos à continuidade do leito normal de uma via, tais como rios, braços de mar, vales profundos, outras vias e entre outros casos. E é chamada de viaduto a ponte que tem por objetivo a transposição de vales, outras vias ou obstáculos em geral não constituídos por água.

Pontes rodoviárias no Brasil são projetadas de acordo com as normas de projeto NBR 7188 de 2013 e NBR 7187 de 2003, denominadas “Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas” e “Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido - Procedimentos”, respectivamente. O modelo de carga móvel é composto de um veículo de 3 eixos mais uma carga distribuída, a ser aplicada na região fora das fronteiras do veículo e multiplicada por um fator de amplificação dinâmico, denominado coeficiente de ponderação das cargas verticais, que é função do comprimento do vão, número de faixas e material utilizado na estrutura.

No estudo do desempenho estrutural de pontes rodoviárias não são respeitados os efeitos dinâmicos, tais como: mobilidade da carga, oscilação dos veículos ao atingir a ponte, impacto destes sobre o tabuleiro devido às irregularidades da pista, variação de velocidade das viaturas dentre outros (LEITÃO, 2009).

Para Ahi (2009), em estudos da capacidade de carga e análise dinâmica, tem-se tornado essencial a modelagem matemática computacional, representando a estrutura o mais fielmente possível, de forma a se conhecer precisamente as tensões e deformações presentes nos elementos estruturais.

Este estudo pretende realizar a comparação entre os efeitos dinâmicos e os efeitos estáticos provocados pelo modelo de carga móvel, em uma típica estrutura rodoviária. Para isto, o estudo busca elaborar modelos numéricos e analíticos para simular a passagem de veículos em alguns tipos de pontes.

Após a realização dos estudos, os valores representativos que forem obtidos

dos efeitos dinâmicos devidos à carga móvel serão comparados com os efeitos dinâmicos recomendados pela NBR 7188 (ABNT, 2013), quando aplicados aos mesmos sistemas de ponte, para assim avaliar se a norma está considerando adequadamente os efeitos de carga dinâmica.

## 2 | METODOLOGIA

A ponte utilizada foi projetada com vãos de 10 m, 20 m, 30 m e 40 m, com 11,50 m de largura, espessura da laje de 20 cm e com quatro vigas longarinas, espaçadas igualmente a cada 310 cm, como é mostrado o exemplo para ponte de 40 m na Fig. 1.

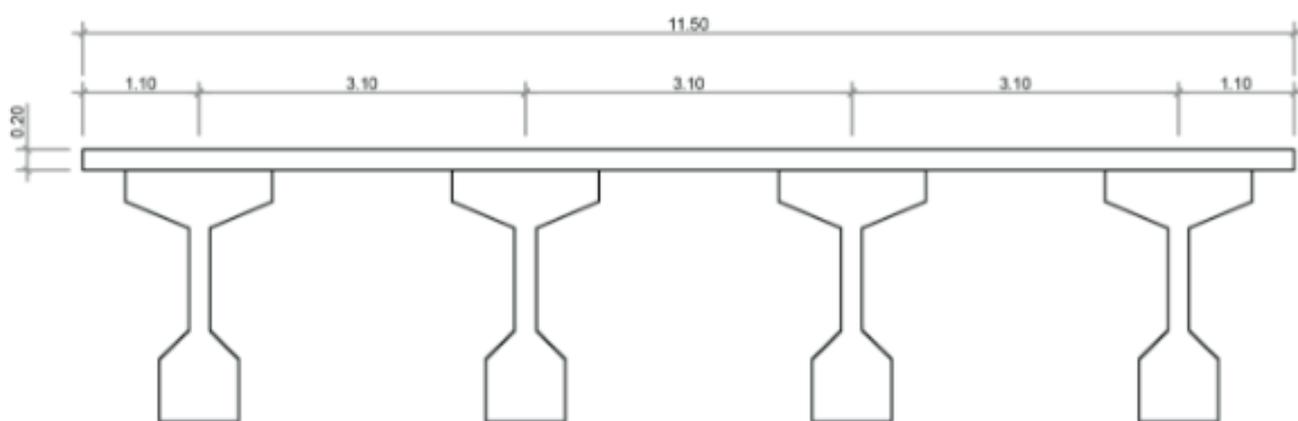


Figura 1 - Seção transversal da ponte com 40 m de vão. Cotas em m.

A ponte foi considerada com a laje simplesmente apoiada nas vigas, elementos não estruturais foram desconsiderados e para cada vão da estrutura, se adotou uma seção diferente da longarina, como ilustra a Fig. 2.

O modelo numérico-computacional foi implementado por meio da ferramenta computacional ANSYS 19.1 Academic (2019), aonde se analisou a passagem do veículo sobre a estrutura. Por meio do software, se utilizou técnicas usuais de discretização via método dos elementos finitos. A ponte de concreto foi confeccionada por meio da analogia de grelhas, na qual tanto para laje como longarinas se empregou elementos de viga, do tipo BEAM188, que possuem dois nós e três graus de liberdade por nó. Cada elemento finito que constitui a malha da estrutura possui um comprimento de 0,25 m, como é demonstrado para a ponte de 40 m na Fig. 3.

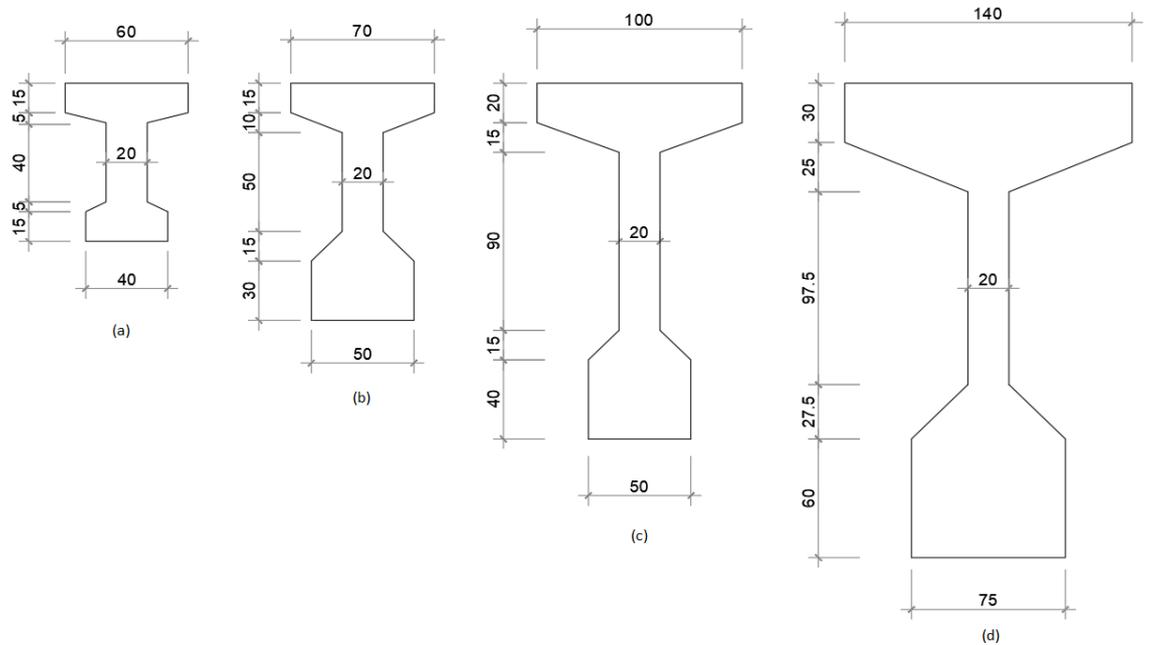


Figura 2 - Seção transversal das vigas longarinas das pontes. Cotas em cm.

(a) vão de 10m, (b) vão de 20m, (c) vão de 30m e (d) vão de 40 m.

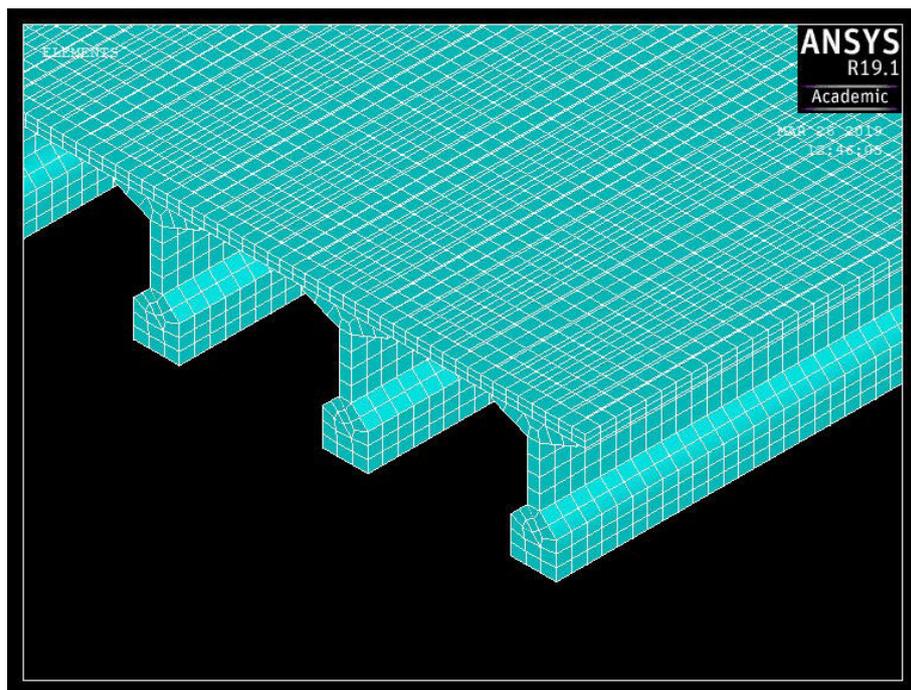


Figura 3 - Modelo em elementos finitos, perspectiva completa.

A Tab. 1 apresenta os valores das principais propriedades do modelo numérico da ponte.

Propriedades	Valor Adotado	Unidade
Massa Específica do Concreto	2500	kg/m <sup>3</sup>
Resistência a Compressão do Concreto	30	MPa
Módulo de Elasticidade do Concreto	26838	MPa
Coefficiente de Poisson do Concreto	0,2	

Tabela 1 - Propriedades do material das pontes.

Para a carga móvel, foi considerado o modelo de trem-tipo TB-450 (Fig. 4) utilizado pela NBR 7188 (2013), que é definido por um veículo de três eixos, com uma carga total de 450 kN, distribuída por igual em cada roda. Foi considerado também que o veículo transita na posição mais desfavorável para estrutura, para assim gerar os maiores esforços, e com uma velocidade de 80 km/h.

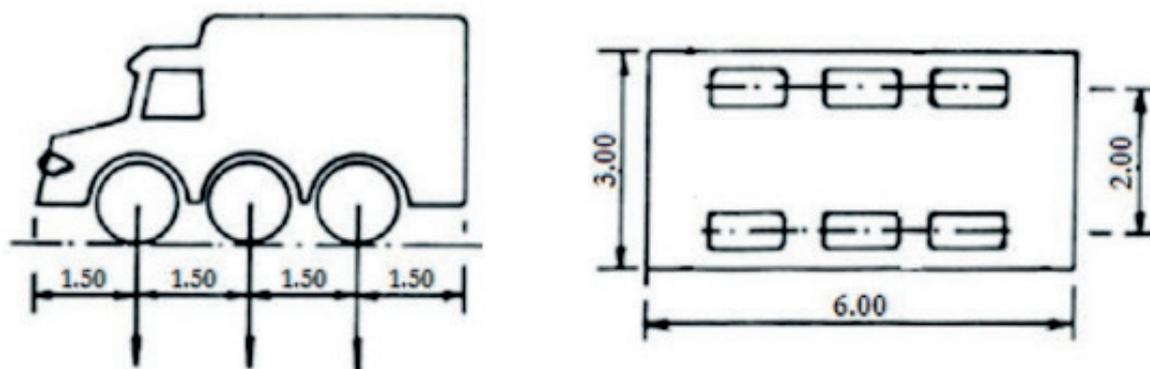


Figura 4 - Caminhão utilizado no trem-tipo TB-450, de acordo com a ABNT NBR 7188:2013. Cotas em m.

Para a aplicação do carregamento proveniente do trem-tipo na estrutura, foi realizada a identificação de cada nó do modelo numérico-computacional pertencente ao trecho de passagem do veículo, e a cada 0,5 m foram aplicadas as cargas em função do tempo.

Para representar a interação dinâmica existente entre o veículo e a estrutura, foi adotada a Eq. (1), fornecida por Fryba (1972), na qual representa a carga harmônica transitando pela ponte.

$$P(t) = P + Q \text{ sen}(\Omega t) \quad (1)$$

Onde P é o valor da carga móvel em kN, Q é a amplitude em kN,  $\Omega$  é a frequência circular da força harmônica em rad/s e t é o tempo em segundos. De acordo com Melo (2007), o valor da frequência de oscilação do veículo pode ser entre 2,0 Hz e 4,0 Hz, sendo o último valor adotado para o estudo. Foi escolhido também um valor de 0,10P para a amplitude.

Para a modelagem do amortecimento na estrutura, se utilizou a matriz de amortecimento de Rayleigh, fornecida por Soriano (2014), que considera duas principais parcelas, sendo  $\alpha$  a taxa de contribuição da matriz de massa, Eq. (2), e  $\beta$  taxa de contribuição da matriz de rigidez, Eq. (3). A partir das frequências naturais mais importantes,  $\omega_1$  e  $\omega_2$ , é possível descobrir tais valores.

$$\alpha = 2\xi \frac{\omega_1 \omega_2}{\omega_1 + \omega_2} \quad (2)$$

$$\beta = 2\xi \frac{1}{\omega_1 + \omega_2} \quad (3)$$

Onde  $\xi$  é razão de amortecimento, na qual se adotou 2%, e  $\omega_1$  e  $\omega_2$  são a primeira e segunda frequência natural da estrutura em rad/s, respectivamente.

Para comparar os efeitos dinâmicos devido a carga móvel com os efeitos dinâmicos recomendados pela NBR 7188:2013, foi calculado o fator de amplificação dinâmica (FAD), de acordo com a Eq. (4), para assim conferir com o fator de correção da norma.

$$FAD = \frac{\text{Esforço Dinâmico}}{\text{Esforço Estático}} \quad (4)$$

O fator de correção da NBR 7188:2013, devido a cargas móveis verticais, é dado pelo coeficiente de impacto vertical (CIV), como mostra a Eq. (5).

$$CIV = \begin{cases} 1,35; L < 10m \\ 1 + \left(\frac{21,2}{L + 50}\right); 10m \leq L \leq 200m \end{cases} \quad (5)$$

Onde  $L$  é o comprimento do vão para vãos isostáticos e o vão médio para pontes contínuas.

Para verificação da análise transiente por meio do modelo computacional, é utilizada a expressão que determina o coeficiente dinâmico para uma viga amortecida simplesmente apoiada, Eq. (6), sendo atravessada por uma carga harmônica, descrita por Fryba (1972), e o resultado obtido pelo software algébrico wxMaxima (2018) é comparado ao valor do modelo no software ANSYS (2018).

$$\delta = 1 + \frac{Q}{P} \frac{\omega_{(1)}^2}{\Omega^2} \frac{1}{\left(\frac{\omega_{(1)}^2}{\Omega^2} - 1\right)^2 + 4\left(\frac{\omega^2}{\Omega^2} + \frac{\omega_b^2}{\Omega^2}\right)} \left\{ \left[ \left(\frac{\omega_{(1)}^2}{\Omega^2} - 1\right)^2 + 4\frac{\omega_b^2}{\Omega^2} \right]^{1/2} + 2\frac{\omega}{\Omega} e^{-\frac{\omega_b l}{(2c)}} \right\} \quad (6)$$

Onde  $\omega_{(1)}$ , Eq. (7), é a frequência circular para o primeiro modo de vibração da viga simplesmente apoiada em rad/s;  $\omega$ , Eq. (8), é frequência circular em rad/s;  $\omega_b$ , Eq. (9), é a frequência circular amortecida da viga simplesmente apoiada em rad/s;  $l$  é o comprimento do vão da viga em m e  $c$  é a velocidade da carga móvel em m/s.

$$\omega_{(1)} = \frac{\pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{\mu}} \quad (7)$$

Onde  $E$  é o módulo de elasticidade do material adotado em Pa,  $J$  é o momento de inércia da geometria utilizada e  $\mu$  em kg/m é a massa da viga por unidade de comprimento em kg/m.

$$\omega = \frac{\pi C}{l} \quad (8)$$

$$\omega_b = \frac{\omega_{(1)}\xi}{\sqrt{1 - \xi^2}} \quad (9)$$

### 3 | RESULTADOS

#### 3.1 Verificação do Modelo

Realizou-se a verificação da análise transiente para uma viga simplesmente apoiada, com 1 m de altura, 40 cm de base e comprimento de 10 m, com um módulo de elasticidade igual a 25 GPa e peso específico 2500 kg/m<sup>3</sup>, sujeita a uma carga móvel de 100 kN, com amplitude de 10 kN, frequência circular de 30 rad/s e com velocidade de 60 km/h. Para tal caso é considerado uma razão de amortecimento de 5%.

A Tab. 2 demonstra uma boa aproximação entre o modelo numérico-computacional para análise transiente realizado no software ANSYS (2018) e a expressão que determina o coeficiente dinâmico para uma viga amortecida simplesmente apoiada sendo atravessada por uma carga harmônica, descrita por Fryba (1972).

Coeficiente Dinâmico $\delta$		Erro (%)
ANSYS	Fryba	
1,121	1,113	0,68

Tabela 2 - Coeficiente Dinâmico para uma de uma viga amortecida sujeita a uma carga móvel harmônica.

O modelo trata das pontes analisadas resolvidas por grelhas. Foram resolvidas as mesmas pontes, considerando-as como vigas, por meio do software FTOOL, com o intuito de fazer uma comparação entre os métodos de resolução através dos resultados encontrados. Foi calculado o valor do momento fletor máximo para todas

as longarinas, para o carregamento aplicado na viga 1, juntamente com o momento fletor total.

O carregamento é aplicado no meio do vão da longarina e é uma carga concentrada de valor igual à 100 kN. A Fig. 5 mostra um exemplo de carregamento e as vinculações que foram aplicadas nas extremidades inferiores das longarinas dos modelos.

Após a definição do carregamento e das vinculações, o modelo foi resolvido por meio software ANSYS, resultando nos valores de esforço máximo normal ( $N_i$ ) e momento fletor máximo ( $M_i$ ) para cada longarina, conforme é demonstrado na Tab. 3, Tab. 4, Tab. 5 e Tab. 6. As tabelas também mostram o cálculo utilizado para encontrar o momento total, levando em consideração a distância do centroide da laje até o centroide de cada longarina ( $e$ ). Em seguida, foram comparados com os resultados adquiridos pelo software FTOOL, como mostra a Tab. 7.

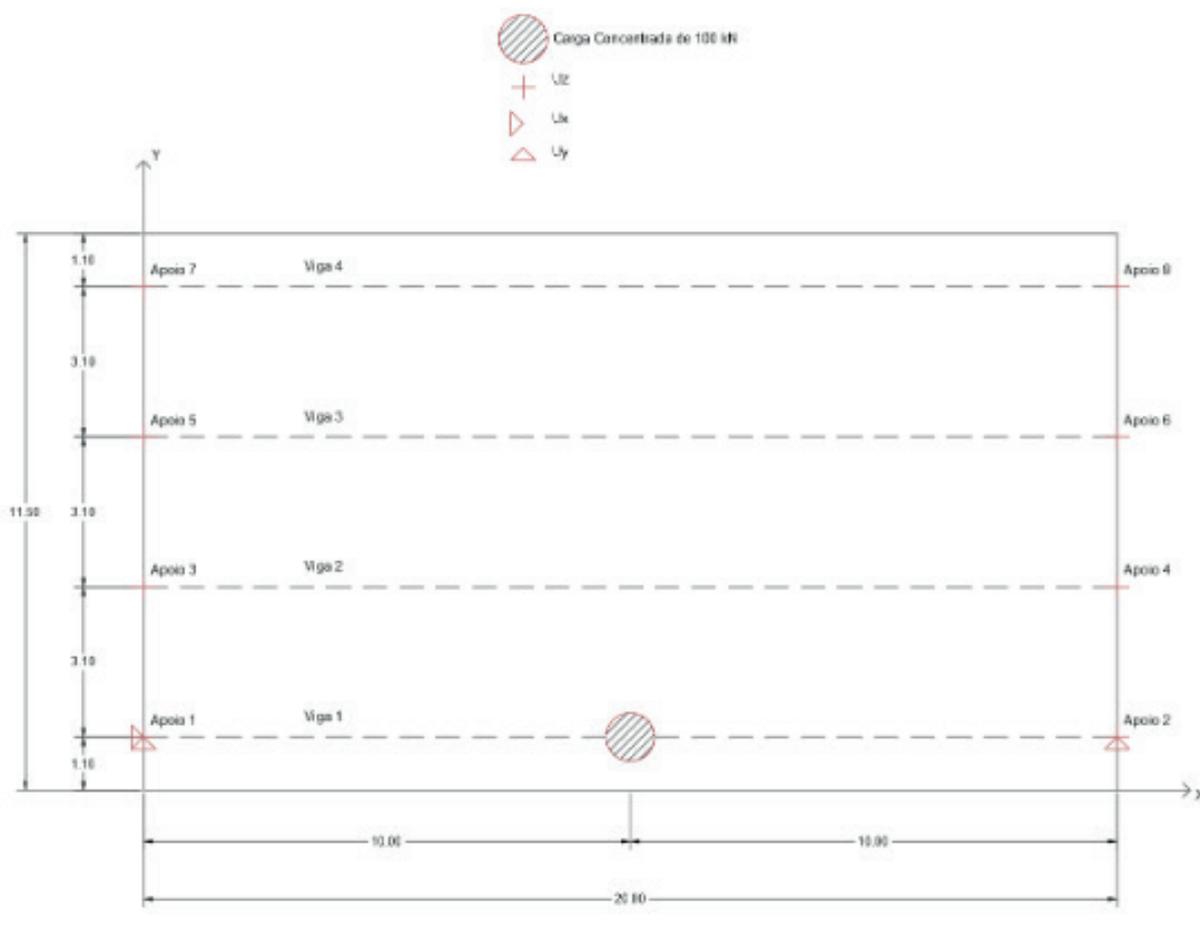


Figura 5 – Exemplo de modelo do carregamento e vinculações para a situação de 20 m de vão, sendo as medidas em metros

Viga	Ni (kN)	Mi (kN.m)	e (m)	Mtotal (kN.m)= Mi + Ni.e
1	3,64	216,37	0,15	216,93
2	-3,91	30,43	0,14	29,89
3	-0,67	-2,41	0,14	-2,50
4	0,94	-0,71	0,15	-0,56
Momento Total				243,75

Tabela 3 - Tabela contendo os resultados obtidos com o carregamento na viga 1 para o vão de 10 m

Viga	Ni (kN)	Mi (kN.m)	e (m)	Mtotal (kN.m)= Mi + Ni.e
1	11,66	393,12	0,32	396,83
2	-11,96	103,17	0,29	99,68
3	-4,88	6,82	0,29	5,39
4	5,19	-9,81	0,32	-8,15
Momento Total				493,75

Tabela 4 - Tabela contendo os resultados obtidos com o carregamento na viga 1 para o vão de 20 m

Viga	Ni (kN)	Mi (kN.m)	e (m)	Mtotal (kN.m)= Mi + Ni.e
1	15,86	558,52	0,52	566,75
2	-16,11	177,84	0,48	170,05
3	-7,74	26,30	0,48	22,56
4	7,98	-19,39	0,52	-15,25
Momento Total				744,11

Tabela 5 - Tabela contendo os resultados obtidos com o carregamento na viga 1 para o vão de 30 m

Viga	Ni (kN)	Mi (kN.m)	e (m)	Mtotal (kN.m)= Mi + Ni.e
1	17,88	712,98	0,86	728,30
2	-17,76	243,81	0,82	229,28
3	-9,14	51,20	0,82	43,72
4	9,01	-15,27	0,86	-7,55
Momento Total				993,75

Tabela 6 - Tabela contendo os resultados obtidos com o carregamento na viga 1 para o vão de 40 m

Modelo	Momento Fletor Total (kN.m)		Erro (%)
	ANSYS	FTOOL	
10 m	243,75	250,00	2,50
20 m	493,75	500,00	1,25
30 m	744,11	750,00	0,78
40 m	993,75	1000,00	0,62

Tabela 7 - Tabela contendo os resultados obtidos com o carregamento na viga 1

De acordo com Botelho (2016), o cálculo para obter o momento total para cada viga é constituído pelo momento da viga pré-moldada na seção central mais a o esforço multiplicado pela distância do centro da laje ao centro da viga, conforme mostrado na Fig. 6, onde o ponto  $e$  e o ponto  $o$  são, respectivamente, os centroides da laje e da longarina.

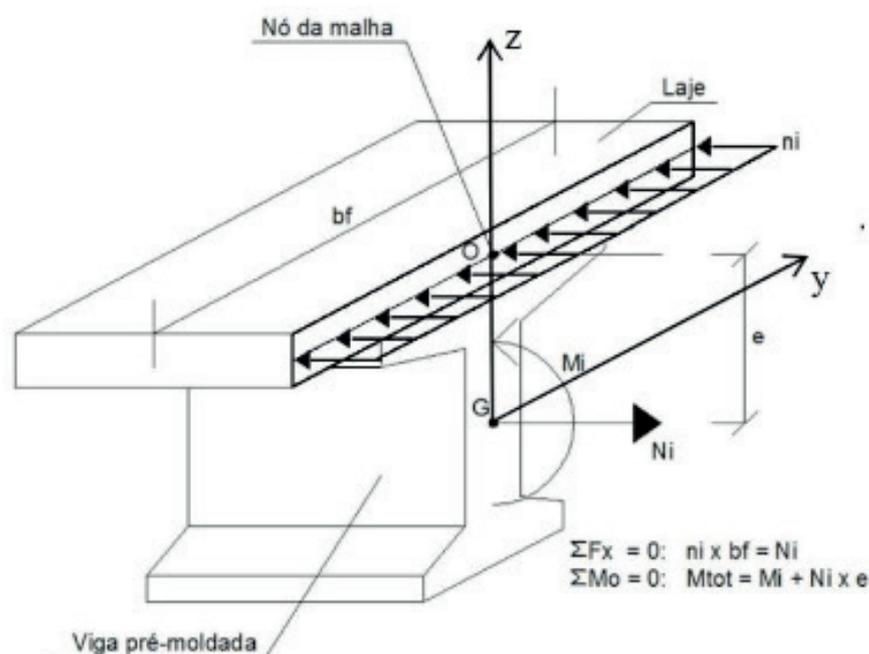


Figura 6 - Carregamento aplicado na seção (BOTELHO, 2016)

### 3.2 Aplicação do Modelo

Após as verificações, se efetuou as análises estática estrutural, modal e transiente estrutural a fim de serem obtidos os valores de deslocamentos, esforços cortantes e momentos fletores na ponte.

Com a análise modal, os valores das frequências naturais para os seis primeiros modos de vibração foram obtidos, como mostra a Tab. 8.

Ponte de 10 m de vão		Ponte de 20 m de vão		Ponte de 30 m de vão		Ponte de 40 m de vão	
Modo	Frequência (Hz)						
1	9,178	1	5,455	1	3,602	1	2,516
2	12,842	2	5,720	2	3,678	2	2,800

Tabela 8 - Frequências naturais das estruturas.

A Tab. 9 apresenta os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  utilizados nas análises transientes da estrutura, para uma taxa de 2% de amortecimento, para a modelagem das pontes de concreto estudadas.

Vão (m)	Frequência natural circular do modo 1 (Hz)	Frequência natural circular do modo 2 (Hz)	Frequência natural circular do modo 1 (rad/s)	Frequência natural circular do modo 2 (rad/s)	$\alpha$	$\beta$
10	9,178	12,842	57,667	80,689	1,34525082	0,00028911
20	5,455	5,720	34,274	35,941	0,70174992	0,00056968
30	3,602	3,678	22,634	23,108	0,45737298	0,00087447
40	2,516	2,800	15,807	17,595	0,33306377	0,00119753

Tabela 9 - Parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  usados na análise transiente da estrutura.

Após foi determinado, por meio da análise estática e análise transiente, os esforços máximos para cada situação, como mostra as Tab. 10 a Tab. 13.

Esforços	Carregamento Estático	Carregamento Dinâmico	FAD	Fator de Correção NBR - 7188:2013
Deslocamento (mm)	3,99	4,39	1,10	1,35
Esforço Cortante (kN)	268,92	295,43	1,10	
Momento Fleitor (kN.m)	595,08	643,97	1,08	

Tabela 10 - Comparação entre os efeitos dinâmicos devido a carga móvel com os efeitos dinâmicos recomendados pela NBR 7188:2013, para 10m.

Esforços	Carregamento		FAD	Fator de Correção NBR - 7188:2013
	Estático	Carregamento Dinâmico		
Deslocamento (mm)	9,20	11,35	1,23	1,30
Esforço Cortante (kN)	292,47	307,32	1,05	
Momento Fletor (kN.m)	1273,51	1541,98	1,21	

Tabela 11 - Comparação entre os efeitos dinâmicos devido a carga móvel com os efeitos dinâmicos recomendados pela NBR 7188:2013, para 20m.

Esforços	Carregamento		FAD	Fator de Correção NBR - 7188:2013
	Estático	Dinâmico		
Deslocamento (mm)	10,83	14,44	1,33	1,27
Esforço Cortante (kN)	300,48	303,50	1,01	
Momento Fletor (kN.m)	1920,13	2209,85	1,15	

Tabela 12 - Comparação entre os efeitos dinâmicos devido a carga móvel com os efeitos dinâmicos recomendados pela NBR 7188:2013, para 30m.

Esforços	Carregamento		FAD	Fator de Correção NBR - 7188:2013
	Estático	Dinâmico		
Deslocamento (mm)	8,55	9,76	1,14	1,24
Esforço Cortante (kN)	304,76	304,54	1,00	
Momento Fletor (kN.m)	2523,14	2822,48	1,12	

Tabela 13 - Comparação entre os efeitos dinâmicos devido a carga móvel com os efeitos dinâmicos recomendados pela NBR 7188:2013, para 40m.

Nas Tabelas 10 a 13, é possível observar que somente a passagem de uma carga transiente sobre a estrutura não provoca aumento do FAD no meio do vão da estrutura, mas sim a passagem de uma carga transiente harmônica, onde se é capaz de melhor representar a interação veículo-pavimento-estrutura.

O deslocamento máximo no meio do vão calculados com base na norma brasileira apresentaram resultados próximos com os valores obtidos pelas cargas transientes, demonstrando uma boa conversão dos esforços estáticos aos dinâmicos, com exceção do vão de 30 m, sendo assim necessário uma maior atenção para este caso.

Os esforços cortantes máximos nos apoios gerados pelas cargas transientes se demonstraram ser inferiores ao calculados com base na norma brasileira,

apresentando um dimensionamento exagerado para esta região.

Os momentos fletores máximos no meio do vão calculados com base na norma brasileira apresentaram resultados próximos com os valores obtidos pelas cargas transientes, demonstrando uma boa conversão dos esforços estáticos aos dinâmicos.

## 4 | CONCLUSÕES

A interação veículo-pavimento-estrutura é diretamente relacionada ao valor da Amplitude (Q), na qual está leva em consideração o peso do veículo, o efeito da irregularidade da pista ou mesmo a superposição de ambas as ações. Para estudos futuros, há a necessidade de uma melhor compreensão do valor da Amplitude, para assim se desenvolver modelos computacionais com maiores precisões para as situações estudadas.

Os resultados obtidos para as vigas, demonstraram que para alguns casos, os coeficientes de impacto tiveram uma boa aproximação para transformar os esforços estáticos em dinâmicos. Porém em outros casos, tais coeficientes não apresentaram mesmo resultado.

Em seus estudos, Rossigali (2015) obteve resultados semelhantes ao comparar os esforços provocados por um carregamento real de uma estrutura rodoviária brasileira, aos esforços obtidos pela majoração das cargas pelo coeficiente de impacto.

Por meio do estudo realizado foi possível identificar que os coeficientes de impacto previstos na norma podem ser aprimorados a partir de novos estudos levando em consideração carregamentos atuais das rodovias brasileiras.

## REFERÊNCIAS

AHI, Antonio Jorge de Figueiredo. **Análise de Fadiga em Pontes Rodoviárias de Concreto Armado**. 2009. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

ANSYS Student. Version 19.1. Canonsburg: ANSYS, Inc., 2019. Disponível em: <<https://www.ansys.com/academic/free-student-products>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB 6**: Cargas móveis em pontes rodoviárias. Rio de Janeiro, 1960. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7187**: Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7188**: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro, 2013. 14 p.

BOTELHO, Thaís de Oliveira. **MODELAGEM COMPUTACIONAL DE TABULEIROS DE PONTES DE CONCRETO**. 2016. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Modelagem Computacional, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2016.

FRYBA, Ladislav. **Vibration of Solids and Structures under Moving Loads**. Praga: Thomas Telford, 1972.

LEITÃO, Fernando Nahid. **Verificação à Fadiga de Pontes Rodoviárias Mistas (Aço-Concreto)**. 2009. 189 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

MARCHETTI, Osvaldemar. **Pontes de Concreto Armado**. São Paulo: Blucher, 2008.

MELO, Eduardo Souza de. **Interação Dinâmica Veículo-Estrutura Em Pequenas Pontes Rodoviárias**. 2007. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

ROSSIGALI, C. E. et al. Towards actual brazilian traffic load models for short span highway bridges. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, [s.l.], v. 8, n. 2, p.124-139, abr. 2015. FapUNIFESP (SciELO).

SORIANO, Humberto Lima. **Introdução à dinâmica das estruturas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

## DEVELOPMENT OF A BIG-FIVE PERSONALITY TRAITS CLASSIFICATION APPROACH VIA ANALYSIS OF TEXTS IN BRAZILIAN PORTUGUESE

**Angelo Travizan Neto**

Universidade Federal de Uberlândia  
Uberlândia - MG

**Taís Borges Ferreira**

Universidade Federal de Uberlândia  
Uberlândia - MG

**Márcia Aparecida Fernandes**

Universidade Federal de Uberlândia  
Uberlândia - MG

**ABSTRACT:** Effective collaborative learning must take into account a grouping strategy to ensure that students will interact with each other in work groups. Since these interactions are influenced by the behaviors and characteristics associated with the learner personality traits and the use of a questionnaire to assess them is undesirable, in this paper, we present our work toward the development of transparent way to assess this personality traits that can be included in a virtual learning environment. Our approach involves processing students' texts and extracting word categories to be the input of a personality trait model. The results of the initial experiments pointed an existing relationship between some LIWC word categories and Big-Five traits.

**KEYWORDS:** Natural Language Processing, LIWC, Collaborative learning.

**RESUMO:** A aprendizagem colaborativa eficaz deve levar em conta uma estratégia de agrupamento para garantir que os alunos interajam entre si nos grupos de trabalho. Como essas interações são influenciadas pelos comportamentos e características associados aos traços de personalidade do aprendiz e o uso de um questionário para avaliá-las é indesejável, neste trabalho, apresentamos nosso trabalho para o desenvolvimento de uma forma transparente de avaliar esses traços de personalidade que podem ser incluídos em um ambiente de aprendizagem virtual. Nossa abordagem envolve o processamento de textos dos alunos e a extração de categorias de palavras para ser entrada em um modelo de traço de personalidade. Os resultados dos experimentos iniciais apontaram uma relação existente entre algumas categorias de palavras do LIWC e características do Big-Five.

**PALAVRAS-CHAVE:** Processamento de Linguagem Natural, LIWC, aprendizagem colaborativa.

**DESENVOLVIMENTO DE UMA ABORDAGEM DE CLASSIFICAÇÃO DE TRAÇOS DE PERSONALIDADE DO BIG-FIVE VIA ANÁLISE DE TEXTOS EM PORTUGUÊS DO BRASIL**

## 1 | INTRODUCTION

According to [1], three attributes are linked to effective learning: active learning and knowledge building, cooperation and teamwork, and learning using problem solving. Some theories also classify learning as a social process that occurs more effectively through interpersonal interactions in a cooperative context [18], since an individual, working in collaboration with others, is exposed to different viewpoints, questioning their initial understanding and motivating learning [1]. Thus, encouraging students to work together on collaborative tasks is an important way to help them to develop, for instance, critical-thinking, self-reflection and take responsibility for their own knowledge acquisition.

The collaborative learning involves individuals coordinate efforts to work and learn together, which means they are building social interactions [6]. Although the collaboration positive effect on student learning, there are several factors influencing this process, such as the group composition and task characteristics [11]. Once the group formation influences how people work together to reach a goal, this is one of the most important aspect to be considered in order to allow knowledge acquisition via collaborative activities [14].

One way to support collaboration is to be concerned with the selection of individuals to compose the groups, since the composition of a group is considered crucial to trigger productive interactions between the peers [13] and avoid social conflicts that may make the collaboration impracticable. Besides the group formation support, since Big-Five personality traits are correlated with learning gains, they can be used to understand how each trait affects learning process and propose ways to support students based on their personality characteristics [2].

In order to make the personality traits available to be included in educational systems and to be used to support collaborative learning, we propose to assess students' personality traits, according to the Big-Five model [15], from student texts collected while they are interacting within a virtual learning environment. This work presents the initial phase of our work toward the model to assess Big-Five personality traits via student's text analyses.

This paper is divided into five sections. Natural language processing, the Big-Five model and how they are related to personality detection are explained in section 2. How texts and Big-Five scores will be collected and processed in order to develop the model to assess personality traits is described in section 3. The result of a correlation analysis using the texts in the Big-Five inventory is presented in section 4. The fifth and last section is the conclusion and future perspective.

## 2 | BACKGROUND

When students are learning via virtual learning environments without a present teacher supervision, it became hard for the teacher to know about the users' characteristics in order to support their learning process. Trying to address this challenge, several works were developed in order to extract knowledge about the learner. Wen et al. work [19], for instance, applied linguistics analyses to students' forum posts to find the relation between language use and learner motivation and cognitive engagement in massive open online courses context. Kumar and Rose [9] incorporated natural language processing into a conversational agent in order to help students working in a collaborative activity and support productive conversations.

In addition to the information about learners motivations, learning processes and collaboration one can infer by analysing the texts that a student wrote, as the language is the way people express their thoughts and emotions, it usually carries part of the characteristics of the interlocutor. Then, looking at the words someone chooses in a conversation, it is possible to find a relationship between the words used and the personality [17].

Some studies were conducted with the aim of finding such a relationship. Kwantes et al.[10], for example, studied when words can be used to evaluate the Big-Five personality traits in written texts and noted evidence of the traits in the texts tested.

Machado et. al. [12] developed an initial study with the intention of constructing a lexicon to help extract information about the Big-Five in texts written in Brazilian Portuguese and found some words related to the traits. Paim et al. [16] developed a method of inference of personality through Portuguese texts, acquired in the social network Facebook, using regression algorithms to build his models to infer the Big-Five personality traits. The objective of the study was to contribute to the detection of personality traits in Brazilian Portuguese. To validate the proposal, they also asked the individuals involved in the experiments to respond to the Big-Five's personality inventory, finding a moderate correlation between personality traits and texts extracted from the social network. Both [12] and [16] indicate the possibility of contributing to improve the quality of the inference methods of the personality through texts written in Brazilian Portuguese.

The use of the Big-Five to evaluate the traits of an individual is motivated by the fact that it has been extensively tested and studied in a large number of cultures, and for this reason, is considered a reliable tool to evaluate personality traits [8, 5, 15].

The term Big-Five, usually assigned to Goldberg [7], is used to express the model comprehensiveness in the personality representation. The model is hierarchical and organized in five basic personality traits that group several distinct and specific personality characteristics [15]. Each trait is bipolar and represents a behaviour tendency, according to the score in that trait.

The trait name represents the characteristics related to higher scores. Neuroticism is usually related to individuals that express high levels of negative emotions and are usually hostile, wary and emotionally unstable. Extraversion characterizes people that are gregarious, talkative and usually show positive emotions. Openness characterizes the tendency of being curious, inquisitive, interested in new ideas and arts. Agreeableness is related to the ability to be cooperative, warm-hearted, mild and agreeable. Conscientiousness represents people that are responsible and well-organized. A person who gets a low score in certain trait will tend to show the opposite characteristics.

Considering the possibility of detecting traces in texts written in Brazilian Portuguese, this paper aims to classify students in the five personality traits of the Big-Five, analyzing the texts written by them, thus contributing to the creation of an automatic model to infer students' personality traits. Our strategy includes the use of word categories, instead of the words itself, since models such as bag-of-words, are hard to apply in new contexts and use linguistic features based on the literature is effective in practice [19].

### 3 | RESEARCH METHODOLOGY

Once immersed in a virtual learning environment, the user can interact with different objects, virtual tutor and other students, for example. These interactions usually happen via conversational tools, such as forums and chats. All this information remains stored in the environment logs or database containing lots of data about user-platform interactions. By collecting and processing the texts resulting from student interactions we calculate the metrics used by the personality trait classifier. The flux of collection and processing student's texts is presented in Figure 1.

The process of text evaluation starts with text treatment using the Python library to handle natural language, the Natural Language Toolkit (NLTK) [4]. The treatment of conversations removes stopwords, accentuation and punctuation and then extract the words in the text. Instead of using the words itself, the Linguistic Inquiry and Word Count (LIWC) [17] was applied to categorize the word resulting of the text treatment using NLTK. Using the categorized words, the frequency of each category was computed.

The LIWC is a text analysis software which provides an internal dictionary of word categories used to compute the degree of use of those categories in a text. The version developed to categorize word written in Brazilian Portuguese is the Brazilian Portuguese LIWC2007 Dictionary [3].

The LIWC dictionary was chosen because it has some categories related to the Big-Five personality traits. For example, since neuroticism is a trait characterized by negative emotions, when classifying the words of a text using the LIWC categories,

it is expected to find words related to the categories negemo (negative emotion), anger, sad (sadness) and anx (anxiety).

An individual highly scored in agreeableness will be likely to use positive words and avoid criticism and negative words. Due to the social behaviour, people high in extraversion will also be likely to use positive words. Then, both traits are expected to be related to the LIWC categories social (social process) and posemo (positive emotions). By observing a person who is high in openness, one can expect to find words in his/her texts falling in the tentat, insight, and cogmech LIWC categories. Since conscientiousness is related to be diligent and task oriented, texts written by a person high in conscientiousness may be full of words related to the LIWC categories work and achieve.

This work is limited to the study of the relationship between the LIWC categories and personality traits in order to select those categories that should be used to feed the personality trait classifier. In order to find if the categories we have selected based on traits characteristics have some correlation and seem to be good as trait predictor, we applied a bivariate linear correlation.

As future work, we are planning to use regression models and decision tree, once these models were used in some related works using the selected categories in order to develop a model to infer the personality traits (e.g. [16]). Since those algorithms need some initial data to be trained, we are currently preparing to collect texts in Brazilian Portuguese and applying the 44-item Big-Five inventory to form a database of texts associated with trait scores.

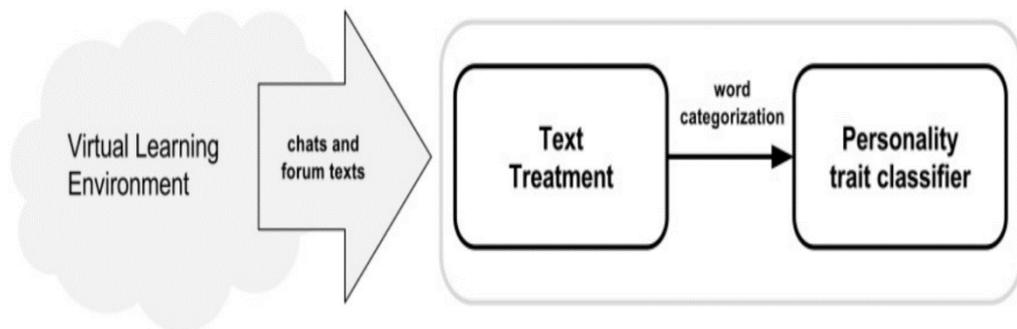


Figure 1 - Flux of student's data processing and analysing.

#### 4 | EVALUATION OF INVENTORY TEXTS

Each item in the Big-Five inventory is a short sentence about how an individual may feel in some situation. For instance, among the items related to extraversion one can find “is talkative, communicative”, positively related to the trait, and “tend to be

quiet, silent” negatively associated with the trait.

In order to test and improve our text processing scripts and try to find some relationship between words and BigFive personality traits, we applied the text processing in the big five inventory items. Each inventory item was considered a text that an individual has written and the score assigned was 1 for those positively related to the trait, otherwise, the score assigned was 0.

After being processed, the result set of words was classified using the Brazilian Portuguese LIWC2007 Dictionary. Using the categorized words, we calculate the category frequency in each text. The dataset of traits scores and categories frequency associated to the 44 inventory items was used as the input of a bivariate linear correlation analysis, ran in order to find the relationships between each category and a specific Big-Five personality trait.

According to the traits definition, it was expected positive correlation between positive emotions and extraversion and positive correlation between neuroticism and negative emotions. It was also expected agreeableness related to positive emotions. According to the correlation analysis results in the Table 1, although neuroticism is correlated with almost all negative emotion categories, it seems to not be related to anger. It may sign that sadness and anxiety categories are the negative emotions more related to high scores in neuroticism.

Openness is a trait related to intelligence and interest to new things and ideas, then it should be the trait associated with the word category insight. Although the correlation in Table 2 is positive, it does not seem to be strongly correlated to the trait. On the other hand, as expected, conscientiousness is related to the categories work and achieve.

Among the other categories tested, the category social, that was expected to have a positive correlation with agreeableness and extraversion, exhibited a stronger correlation with openness. Probably because an individual high in openness may seek for new relationships in order to feed their need for new knowledge and different viewpoints. Although, tentat and cogmech shown a positive relation with conscientiousness, they do not seem to be related to openness as we suppose based on openness characteristics.

	Neuroticism	Extraversion	Agreeableness
Neg. emotion	0.19	-0.16	-0.77
Anger	-0.49	0	-0.58
Anxiety	0.29	0.35	0
Sadness	0.29	0	0
Pos. emotion	-0.05	0.37	0.76

Table 1 - Correlations between personality traits and affective word categories

	Conscientious- ness	Openness
Insight	-0.32	0.02
Work	0.61	-0.66
Achieve	0.61	-0.22

Table 2 - Correlations between personality traits and personal concerns categories

## 5 | CONCLUSION AND FUTURE WORK

The collaborative learning process depends on good social interactions to be effective. Without interaction the group members are not able to share knowledge and define responsibilities. A way to increase to probability of good social interactions is apply a grouping strategy that take into account student characteristics, such as personality traits.

Using a questionnaire to get such information may not be desirable since the student may refuse to answer it. Thus, in this paper, we presented our work toward a model to assess Big-Five personality traits transparently by processing student texts and to make the personality traits available to be included in educational systems and support collaborative learning.

Although this study is in its early stage, the results obtained by analyzing the texts of the 44-item Big-Five inventory pointed some positive results in associating the percentages in LIWC word categories and personality traits.

Since the results present in this paper were obtained from the text of questionnaire items, we can find different results when analysing the texts and scores of real students. Thus, as future work, we plan to run experiments with students in order to find the categories associated with personality traits and, then, build a model to infer them from the text.

## REFERÊNCIAS

- [1] M. Alavi. Computer-mediated collaborative learning: An empirical evaluation. *Journal MIS Quarterly*, 18:159–174, 1994.
- [2] P. Altanopoulou and N. Tselios. How does personality affect wiki-mediated learning? In *Proceedings of International Conference on Interactive Mobile and Communication Technologies and Learning*, pages 16–18, 2015.
- [3] P. P. Balage Filho, S. M. Aluísio, and T. A. S. Pardo. An evaluation of the brazilian portuguese liwc dictionary for sentiment analysis. In *Proceedings of Brazilian Symposium in Information and Human Language Technology*, pages 215–219, 2013.
- [4] S. Bird, E. Klein, and E. Loper. *Natural Language Processing with Python: Analyzing Text with the Natural Language Toolkit*. O’Reilly, 2009.

- [5] J. M. Digman. Personality structure: emergence of the five-factor model. *Annual Review of Psychology*, 41:417–440, 1990.
- [6] P. Dillenbourg. What do you mean by collaborative learning. *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches*. Elsevier, 1999.
- [7] L. R. Goldberg. Language and individual differences: The search for universal in personality lexicons. *Review of personality and social psychology*, 2:141–166, 1981.
- [8] O. P. John and S. Srivastava. The big five trait taxonomy: History, measurement, and theoretical perspectives. *Handbook of personality: Theory and research*, 2:102–138, 1999.
- [9] R. Kumar and C. Rosé. Triggering effective social support for online groups. *ACM Transactions on Interactive Systems*, 3:artigo 24, 2014.
- [10] P. J. Kwantes, N. Derbentseva, Q. Lam, O. Vartanian, and H. H. C. Marmurek. Assessing the big five personality traits with latent semantic analysis. *Personality and Individual Differences*, 102:229–233, 2016. [11] E. Lai. *Collaboration: A Literature Review*. Pearson, 2011.
- [12] A. A. Machado, M. T. Longhi, M. A. S. N. Nunes, and T. A. S. Pardo. Personalitatem lexicon: Um léxico em português brasileiro para mineração de traços de personalidade em textos. In *Proceedings of the XXVI Brazilian Symposium of Informatics in Education*, pages 1122–1126, 2015.
- [13] I. Magnisalis, S. Demetriadis, and A. Karakostas. Adaptive and intelligent systems for collaboration learning support: A review of the field. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 4:5–20, 2011.
- [14] S. Manske, T. Hecking, I. A. Chounta, and H. U. Hoppe. Using differences to make a difference: a study on heterogeneity of learning groups. In *Proceedings of International Conference on Computer Supported Collaborative Learning*, pages 182–189, 2015.
- [15] R. R. McCrae and O. P. John. An introduction to the five-factor model and its applications. *Journal of Personality*, 60:175–215, 1992.
- [16] A. M. Paim, R. S. Camati, and F. Enembreck. Inferência de personalidade a partir de textos em português utilizando léxico linguístico e aprendizagem de máquina. In *Proceedings of the XIII Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional*, pages 481–492, 2016.
- [17] Y. R. Tausczik and J. W. Pennebaker. The psychological meaning of words: Liwc and computerized text analysis methods. *Journal of Language and Social Psychology*, 29:24–54, 2010.
- [18] L. Vygotsky. *Mind in Society: The Developmant of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1978.
- [19] M. Wen, D. Yang, and C. Rosé. Linguistic reflections of student engagement in massive open online courses. In *Proceedings of the International Conference on Weblogs and Social Media*, 2014.

## CODETEACHER: UMA FERRAMENTA PARA CORREÇÃO AUTOMÁTICA DE TRABALHOS ACADÊMICOS DE PROGRAMAÇÃO EM JAVA

**Francisco Alan de Oliveira Santos**

Instituto Federal de Educação do  
Maranhão – IFMA  
Coelho Neto – Maranhão

**Plácido Soares das Chagas Segundo**

Instituto Federal de Educação do  
Maranhão – IFMA Grajaú – Maranhão

**Mardoqueu Sousa Telvina**

Instituto Federal de Educação do  
Maranhão – IFMA  
Coelho Neto – Maranhão

**RESUMO:** Exercícios práticos são essenciais no aprendizado de uma linguagem de programação. Com o objetivo de auxiliar o professor na avaliação de exercícios de programação, este artigo apresenta o CodeTeacher, uma ferramenta de análise e avaliação automática de código-fonte como alternativa para a otimização do processo de ensino-aprendizagem de programação. A intenção é fomentar a discussão na comunidade educacional em Computação e propor uma solução no sentido de encontrar novas abordagens para esse desafio, contribuindo para o progresso do ensino de programação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Avaliação Automática, Exercícios de Programação, Java.

**ABSTRACT:** Practical exercises are essential to learn a programming language. With the aim of assisting the teacher in the assessment of programming exercises, this paper presents CodeTeacher, a tool for automatic analysis and evaluation of source code as an alternative for the optimization of the teaching-learning programming process. The intention is to call the educational computing community to discussion and propose a solution to find new approaches to this challenge, thus contributing to the progress of teaching programming.

**KEYWORDS:** Automatic Assessment, Programming Exercises, Java.

### 1 | INTRODUÇÃO

O ensino de programação envolve a retenção de vários conhecimentos, como: noções de lógica, técnicas de programação, uso correto da sintaxe e recursos de uma linguagem, além da aplicação de boas práticas de desenvolvimento de software, dentre outros. A avaliação desses quesitos requer uma análise minuciosa por parte do professor, uma vez que é necessária a revisão do código produzido pelos alunos para identificar a manifestação do conhecimento adquirido, geralmente materializado na forma de trabalhos práticos [Prior 2003]. Devido à quantidade de detalhes

a serem observados, faz-se necessário o acompanhamento individual para uma aprendizagem mais acurada. [Tobar et al 2001].

Porém, a tarefa de avaliar o conhecimento do aluno a partir da análise do código constitui um desafio para o ensino de programação, principalmente quando as turmas são extensas e a quantidade de turmas por professor também - realidade comum em cursos de programação [De Oliveira et al 2015]. Tal realidade acaba prejudicando, senão inviabilizando, a capacidade de avaliação do professor, dado o grande volume de trabalhos a serem corrigidos e as restrições de tempo para correção e entrega de notas [Nunes 2004], além de ser uma atividade repetitiva, trabalhosa e que pouco acrescenta ao docente. Por causar uma sobrecarga de atividades ao professor, tais fatores tendem a afetar a qualidade das avaliações.

Diante dessa dificuldade, surgiram alternativas para otimização desse processo por meio da automatização e execução de testes de código-fonte [Hollingsworth 1960, Ebrahimi 1994]. A tentativa de substituir a análise visual e execução manual de programas trouxe à luz ferramentas de correção assistida de trabalhos de programação. Contudo, embora tenha ocorrido uma considerável evolução desses sistemas [Romli et al. 2010], de acordo com De Oliveira et al. (2015), ainda há deficiências consideráveis com relação à efetividade dessas ferramentas, principalmente no que tange em avaliar se os objetivos educacionais almejados foram de fato alcançados.

Este artigo apresenta uma ferramenta de análise e avaliação automática de código-fonte como alternativa para a otimização do processo de ensino-aprendizagem de programação. A intenção é incentivar a discussão na comunidade educacional em Computação e propor uma solução no sentido de encontrar novas abordagens para esse desafio, contribuindo para o progresso do ensino de programação.

O texto está organizado como segue: Na Seção 2, apresentamos os trabalhos relacionados. Na Seção 3, apresentamos o CodeTeacher e descrevemos os tipos de análise que o compõem. Na Seção 4, explicamos funcionamento da ferramenta. A Seção 5 traz um estudo de caso para averiguar a viabilidade da ferramenta. E por fim, na Seção 6, concluímos com as considerações finais e trabalhos futuros.

## 2 | TRABALHOS RELACIONADOS

Dentre as muitas ferramentas de apoio à prática da programação com as finalidades de submissão, execução e avaliação de exercícios, destacam-se o ProgTest, o PCodigo, o BOCA e o MOJO.

O ProgTest [De Souza et al. 2011] é um sistema de apoio automatizado à avaliação de submissões de programas escritos em Java. Juntamente com os programas também são submetidos seus respectivos casos de testes. O ProgTest compila os programas do aluno e submete-os à execução dos testes.

O PCodigo é um complemento do Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) Moodle [Moodle 2011] para execução em massa e de análise de programas [De Oliveira et al 2015], desenvolvido na linguagem C, porém é aplicável a diferentes linguagens de programação. Integrado ao Moodle, recebe soluções de atividades de programação submetidas por alunos, executa-as e emite relatórios de avaliação para professores.

O BOCA On-line Contest Administrator [Campos and Ferreira 2004, França et al. 2011] é um sistema de internet para submissão de exercícios e correção on-line de código. É a plataforma atual usada nas competições de programação promovidas pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC).

MOJO [Chaves 2013] é uma ferramenta que integra o conceito os Juizes On-line (JO) [Kurnia et al. 2001] ao Moodle. Consiste em um módulo que visa auxiliar o professor no processo de elaboração, submissão e correção de questões de programação.

O diferencial do CodeTeacher em relação às soluções já existentes, além de ser focado em Java, é que ele consiste em dar mais flexibilidade à avaliação do professor, permitindo uma análise mais holística. Além de orientar a avaliação por uma perspectiva pedagógica [Ihantola et al. 2010]. Também possui a característica de ser extensível, isto é, sua arquitetura modular favorece a inclusão de novos recursos.

Conseqüentemente, com a possibilidade de proporcionar feedback imediato para o aluno, a ferramenta tem o potencial de obter maior engajamento deste, pois a conscientização do aluno sobre sua situação tende a causar uma reação no sentido de obter melhores resultados. Além de possibilitar maior transparência, tornando visual o processo de avaliação, expondo os resultados e reportando todos os interessados no aprendizado.

Para o professor, há ainda a possibilidade de percepção das deficiências de uma turma através da identificação de erros recorrentes em uma mesma avaliação, bem como a oportunidade de um acompanhamento mais próximo do progresso da disciplina, com maior clareza sobre o rendimento individual e coletivo da turma.

### 3 | CODETEACHER

O CodeTeacher é uma aplicação desktop feita em Java, portanto independente de plataforma, que se fundamenta na abordagem de análise estática, dinâmica e estático-dinâmica [De Oliveira2015]. É um sistema de análise de código-fonte baseada na configuração de critérios pré-definidos de avaliação. A aplicação foi feita para aceitar projetos em Java, independente da IDE de desenvolvimento utilizada, pois só precisa que as classes compiladas (arquivos com a extensão .class) sejam submetidas à apreciação da ferramenta.

Para detecção automática de inconformidades no código a partir da definição de critérios avaliativos pré-configurados pelo professor, é utilizado o recurso da programação reflexiva ou metaprogramação [Horstmann 2000]. Esse paradigma provê a capacidade de examinar a estrutura e o estado (metainformações) de um programa e o poder de alterar seu comportamento em tempo de execução. Essa funcionalidade é provida por algumas linguagens de programação, dentre elas, o Java.

O foco atual de utilização do CodeTeacher concentra-se nas disciplinas iniciais e intermediárias de programação. É importante salientar também que a ferramenta abrange somente trabalhos práticos de codificação em Java, não abraçando análise textual de respostas a exercícios e questões subjetivas.

Quatro tipos de avaliação são possíveis, denominadas conforme segue: análise estrutural, análise comportamental, análise de saída padrão e análise conceitual. A seguir serão descritos os tipos de análise do CodeTeacher.

### **3.1 Análise conceitual**

Neste tipo de análise, são verificados os elementos estáticos do código, como declaração correta dos atributos e métodos de uma classe, podendo também ser verificados os seus modificadores de acesso, bem como se determinado membro é de classe ou instância.

Outra possibilidade é a análise do uso de herança por meio da navegação pela hierarquia de classes implementada pelo aluno. De modo similar, esta análise permite verificar se determinada classe implementa ou não uma dada interface. É possível ainda flexibilizar a análise considerando apenas alguns elementos na avaliação. Por exemplo, pode-se configurar um critério que avalie se há, no escopo definido, algum método que retorne dados e/ou receba parâmetros de determinados tipos, não sendo necessário informar o nome do método a ser buscado.

Para tornar mais livre a implementação do aluno, sem contudo, prejudicar a efetividade da avaliação, é possível lançar mão de expressões regulares, usando coringas na especificação de critérios. Pode-se, por exemplo, definir que deve existir um método cujo nome inicie com um prefixo tal como “cadastrar...”. Para isso, seria preciso apenas informar no nome do método a seguinte expressão: “cadastrar\*”, onde o asterisco (\*) significaria qualquer cadeia de caracteres. Similarmente, seria possível verificar a existência de um método com o sufixo “?Dados”, sendo o sinal de interrogação correspondente a qualquer caractere.

### **3.2 Análise Comportamental**

Para Ala-Mutka (2005) e Rahman et al. (2008), corretude e funcionalidade são importantes itens de avaliação. A análise comportamental consiste em atestar a

corretude do código a partir de sua testagem funcional com vistas a simular o comportamento do programa em um ambiente ou cenário real. É uma análise baseada em entrada/saída que testa os serviços providos por um objeto, isto é, verifica-se a saída correta de um programa a partir de entradas fornecidas previamente e compara-se com resultados previstos. O código é executado e são cheçadas as respostas do objeto a estímulos externos, para isso, mensagens são passadas a um objeto no intuito de encontrar uma resposta esperada. O professor modela um conjunto de casos a serem avaliados e submete-os à apreciação da ferramenta e, através da combinação das entradas fornecidas e saídas previstas, é possível inferir a qualidade do programa quanto às suas funcionalidades, sendo possível com isso afirmar se ele corresponde aos requisitos especificados pelo professor.

Um exemplo de uso dessa abordagem pode ser a checagem do retorno de métodos a partir da invocação com passagem de uma lista parâmetros pré-estabelecidos e da definição dos respectivos retornos esperados

### **3.3 Análise de saída padrão**

Nesta análise verifica-se se o código executado realiza a impressão de algum texto na saída padrão do sistema (console). É comum em disciplinas iniciais de programação a criação de programas que escrevam dados ou mensagens na saída padrão. Geralmente são dados resultantes de cálculos efetuados pela aplicação ou mesmo mensagens informativas. Normalmente essas informações são apresentadas de forma textual em uma interface de linha de comandos. A ferramenta captura a saída padrão, interrompendo o fluxo de impressão e desviando-o para um proxy que armazena o conteúdo impresso e, em seguida, verifica se o que é impresso pelo programa do aluno é equivalente ao texto definido no critério de avaliação configurado pelo professor. Este deve informar o conteúdo a ser impresso para que a comparação de igualdade seja realizada e, nesse caso, é considerado sucesso a correspondência exata entre os termos comparados.

### **3.4 Análise conceitual**

Neste tipo de análise podem ser definidos padrões e métricas a serem contemplados. Esse mecanismo permite avaliar a aplicação de conceitos da Programação Orientada a Objetos (POO) como emprego de herança, polimorfismo, grau de encapsulamento, entre outros [Horstmann 2000]. Dessa forma, é possível descobrir se há classes abstratas que não são estendidas ou interfaces não implementadas, por exemplo. O uso de polimorfismo pode ser identificado e avaliado considerando, por exemplo, a presença de métodos sobrecarregados e/ou sobrescritos. Tais fatores podem ser enquadrados em uma escala de gradação definida pelo professor. Como exemplo, pode-se medir

o nível de encapsulamento configurando um percentual mínimo de membros encapsulados a ser alcançado.

Embora ainda não estejam disponíveis no CodeTeacher, outros conceitos e métricas podem ser usados neste tipo de análise, como grau de coesão e acoplamento, pois novas métricas e conceitos podem ser agregados à ferramenta na forma de adição de funcionalidade, com a inclusão de plug-ins de extensão.

## 4 | ETAPAS DA AVALIAÇÃO

A seguir são descritos os passos para utilização da ferramenta, todos os pormenores envolvendo o processo total de avaliação são detalhados nos tópicos a seguir. O fluxo de atividades é mostrado na Figura 1.



Figura 1. Etapas da avaliação

### 4.5 Seleção de artefatos

Nesta etapa são indicados quais serão os elementos escolhidos para serem avaliados. Os ativos são selecionados explicitamente pelo usuário, primeiramente, através da indicação de quais diretórios devem ser acessados para buscar os artefatos de código a serem analisados, podendo ser, projetos, classes, ou pacotes de classes. Essa indicação determina o escopo da avaliação. A convenção utilizada pelo *CodeTeacher* para associar um determinado conjunto de artefatos de código a um aluno específico é que todos os arquivos contidos em uma pasta pertencem a um mesmo aluno. Por isso, recomenda-se que haja uma pasta com o nome de cada estudante, pois o nome da pasta servirá de referência para identificar o aluno.

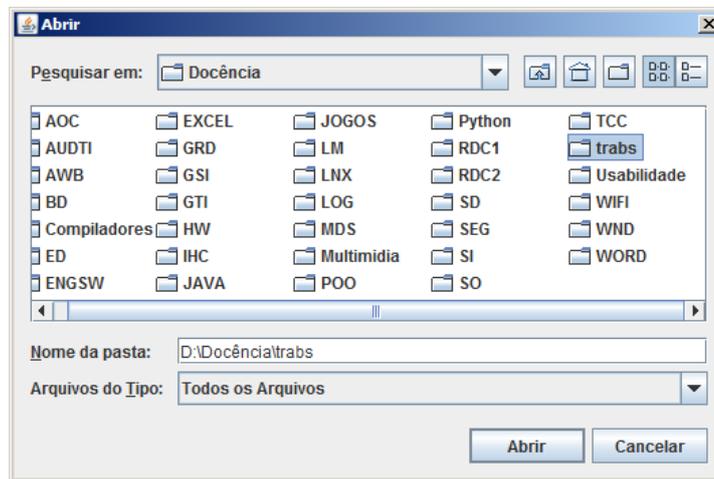


Figura 2. Seleção de artefatos

#### 4.6 Configuração de critérios

Uma vez que os elementos de *software* foram escolhidos, prossegue-se com a criação dos itens que irão compor a avaliação. Assim, um conjunto de critérios deve ser informado pelo professor para serem aplicados durante a análise. Os critérios são definidos usando-se a interface gráfica, onde são indicados quais serão os itens avaliativos considerados. O formato dos critérios varia de acordo com o tipo de análise, porém cada critério deve possuir um valor para compor a nota do aluno. A valoração dos critérios é estabelecida conforme são atribuídos pesos de acordo com o grau de importância considerado pelo avaliador. É neste momento que o professor alimenta o sistema com seu julgamento prévio das competências esperadas do aluno com a realização da atividade prática em questão, no sentido de alcançar os objetivos de aprendizagem estabelecidos.

Depois de criados os critérios, há a possibilidade salvá-los em um arquivo para uso ou edição posterior, evitando assim que o trabalho de configurar todos os critérios seja repetido no caso de uma avaliação posterior.

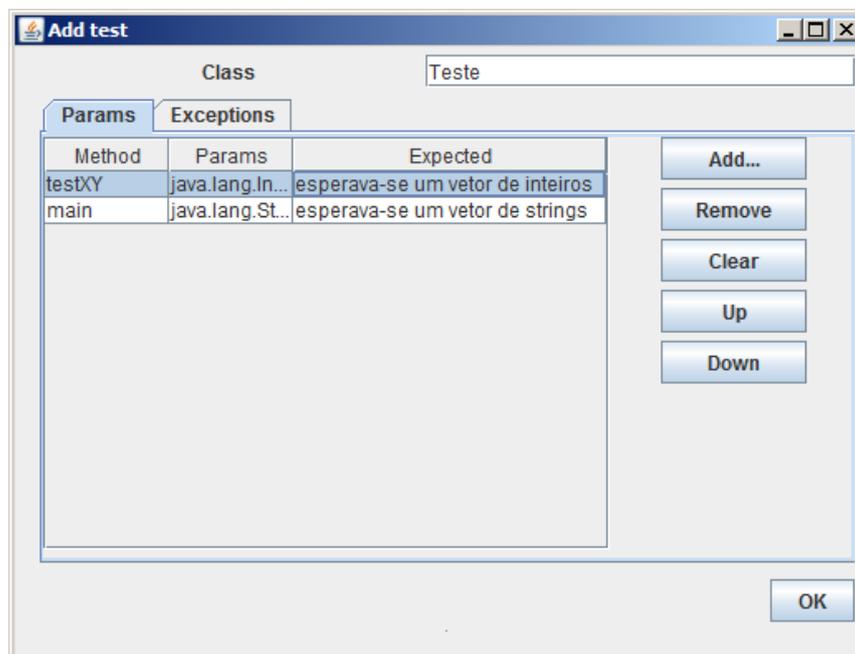
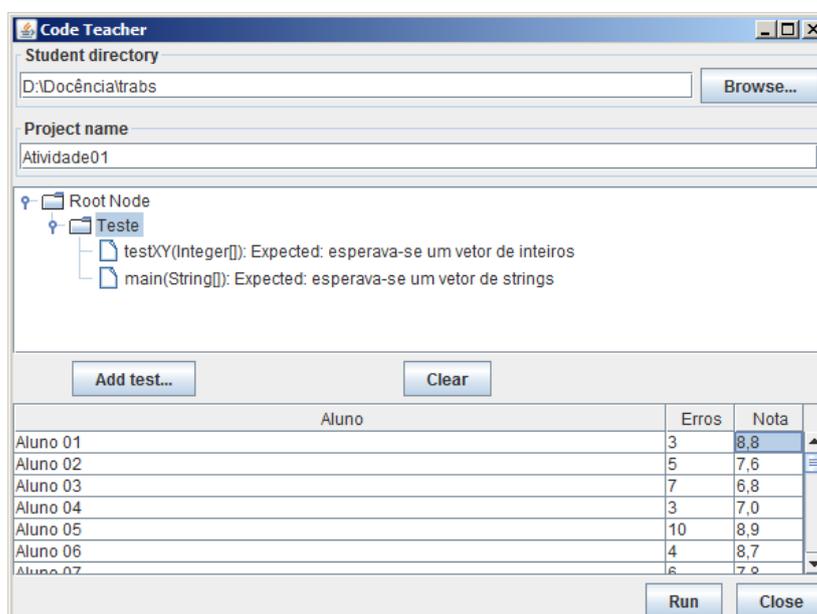


Figura 3. Configuração de critérios

#### 4.7 Execução de testes

A estratégia de execução é definida pelo professor, no sentido de tornar flexível o processo de avaliação. A execução dos testes pode ser em massa ou classe a classe, podendo ser alterada posteriormente, de forma que seja possível aplicar avaliações diferenciadas e com foco em aspectos determinados, a critério do professor. As notas dos alunos são calculadas de acordo com a quantidade total de pontos, obtida através do somatório de todos os critérios. Considera-se que, antes do início da execução, cada aluno possua todos os pontos, porém à medida que vão sendo encontradas irregularidades no seu código, os pontos correspondentes aos critérios não atendidos são debitados do total de pontos do aluno. Por fim, a nota final é contabilizada baseada no percentual de acertos do aluno.



## 4.8 Relatório de desempenho

Após o término da execução de todos os testes, avança-se para a fase de predição das notas. Os resultados são tabelados e é gerado um relatório de desempenho onde constam as notas dos alunos da turma. Inicialmente o relatório é apresentado na sua forma resumida, contendo um sumário das notas, com informações estatísticas como média da turma e desvio-padrão. Porém, é possível analisar o desempenho individual obtendo um detalhamento do resultado de cada aluno. Outras opções de visualização também são disponibilizadas, como por exemplo, um extrato dos tipos de erros mais cometidos, percentual de acerto, índice de aproveitamento, entre outros. Com essas informações complementares é possível identificar dificuldades generalizadas na turma e planejar estratégias para sanar tais deficiências.

Nesta fase, há ainda uma opção de exportação dos dados resultantes para uma planilha, caso seja necessário manipular tais dados para geração de gráficos, por exemplo, ou mesmo para reportar os alunos acerca de seu desempenho. A geração do arquivo também serve de evidência documental para indicar a evolução da turma no decorrer da disciplina ministrada.

```

Tipo                |Valor| Descrição
Método não encontrado | 5 | Método testXY(Integer[]) não encontrado na classe Test
Método não encontrado | 5 | Método main(String[]) não encontrado na classe Test
Total Erros: 10
Percentual Acertos: 80
Nota: 8.0

```

Figura 5. Relatório de Desempenho

## 5 | ESTUDO DE CASO

Para atestar a efetividade do CodeTeacher como objeto de aprendizagem, ele foi adotado experimentalmente em uma instituição de ensino real, onde o conjunto de testes foi composto de respostas de exercícios de programação de uma turma regular do curso técnico em informática. Foram selecionadas 5 atividades práticas de programação para compor o corpus do experimento. Para cada atividade foram coletadas respostas em formato de código-fonte, que foram utilizadas como a base de soluções, totalizando 100 respostas.

Para a experimentação da solução proposta, as respostas foram submetidas às análises estrutural, comportamental, de saída padrão e conceitual, respectivamente, sendo a nota final a média aritmética entre estas notas. Para cada análise foram elaborados critérios avaliativos como sendo respostas-modelo, que levavam em consideração aspectos tidos como relevantes em um aluno iniciante em programação, envolvendo o uso básico dos principais elementos do Java, como sintaxe da

linguagem, aspectos procedurais e recursos básicos de orientação a objetos. Os valores dos critérios foram atribuídos individualmente e de forma arbitrária por dois professores. Caso houvesse divergência nas atribuições de valor de cada professor, estas eram confrontadas e passavam por um processo de revisão onde os dois discutiam até chegarem a um consenso.

Posteriormente, as respostas foram avaliadas manualmente por dois professores, que atribuíram notas de 0 a 10. Cada professor recebeu um checklist com os itens avaliativos idênticos aos critérios definidos na aplicação. Os professores deliberadamente assinalaram cada item como “Atendido” ou “Não atendido” e o cálculo da nota foi obtido a partir do percentual de itens atendidos. Este conjunto de exercícios já avaliados compõe a base de comparação do experimento.

## 5.9 Resultados

Foi feita uma análise comparativa entre as notas obtidas via *CodeTeacher* e as notas atribuídas pelos professores. A Figura 2 ilustra essa comparação.

Questão	#1	#2	#3	#4	#5
<b>Grau de Similaridade (%)</b>	90,69	98,45	85,35	99,89	93,36
<b>Média</b>	93,55				
<b>Análise Comportamental</b>					
Questão	#1	#2	#3	#4	#5
<b>Grau de Similaridade (%)</b>	91,87	95,34	89,32	91,46	88,87
<b>Média</b>	91,37				
<b>Análise de Saída Padrão</b>					
Questão	#1	#2	#3	#4	#5
<b>Grau de Similaridade (%)</b>	90,21	92,35	96,89	96,33	97,99
<b>Média</b>	94,75				
<b>Análise Conceitual</b>					
Questão	#1	#2	#3	#4	#5
<b>Grau de Similaridade (%)</b>	90,69	85,81	75,35	79,89	73,26
<b>Média</b>	81				
<b>Média Geral (%)</b>	90,17				

Figura 2. Análise comparativa

Comparando as notas previstas e as notas reais, a correção automática obteve precisão de 90,17 %, o que demonstra a viabilidade do uso da ferramenta com

## CLASSIFICAÇÃO DE TENDÊNCIAS POLÍTICAS EM NOTÍCIAS VIA MINERAÇÃO DE TEXTO E REDES NEURAS SEM PESO

**Rafael Dutra Cavalcanti**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro - RJ

**RESUMO:** Uma notícia tendenciosa é, às vezes, bem suave para o interlocutor, e alcança seu objetivo de influenciar a opinião do leitor no mesmo sentido. Nos dias atuais, devido à quantidade de informações existentes, muitas pessoas sentem dificuldades em avaliar a ideia principal do conteúdo de uma notícia ou se existe alguma tendência, no caso deste trabalho, política.

Neste artigo, buscamos a identificação de polaridade em notícias políticas em português através do processo de mineração de dados textuais com a utilização da Rede Neural sem Peso WiSARD e de uma derivação, a ClusWiSARD. O WiSARD funciona através de uma estrutura de discriminadores, onde cada discriminador é responsável por identificar uma classe. Realizamos avaliações relacionadas ao corpo da notícia e à manchete da notícia e realizamos uma avaliação de um veículo de mídia amplamente conhecido. Obtivemos acurácia de cerca de 90% ao utilizar o corpo da notícia completo e acurácia de cerca de 75% ao considerar apenas manchetes. Além disso, também fazemos uma análise temporal sobre a dinâmica política das tendências.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mineração de Textos, Redes Neurais sem Peso, Descoberta de Conhecimento em Dados não Estruturados.

### CLASSIFICATION OF POLITICAL BIAS IN NEWS THROUGH TEXT MINING AND WEIGHTLESS NEURAL NETWORKS

**ABSTRACT:** Biased news can influence the reader's opinion in subtle ways. Nowadays, due to the unprecedented amount of information created and made available through social media, the identification of biases is increasingly challenging. In the domain of politics, addressing the challenge is particularly relevant.

In this paper, we seek the identification of polarity in Portuguese political news through the process of textual data mining using the WiSARD Weightless Neural Network, and one of its extensions, the ClusWiSARD. The WiSARD classifier works through a structure of discriminators, where each discriminator is responsible for identifying a class. We assessed polarity using the body and the headline of news published in widely known media vehicles. The obtained results are encouraging, indicating the feasibility of automatic and efficient bias detection. We obtained accuracy of about 90% when using full body news and accuracy of the 75% when considering only headlines. In addition, we also perform a temporal analysis

on the political dynamics of bias.

**KEYWORDS:** Text Mining, Weightless Neural Networks, Discovery of Knowledge in Non-Structured Data.

## 1 | INTRODUÇÃO

A mineração de textos é um campo relacionado com diversas disciplinas como por exemplo aprendizado de máquina, recuperação da informação, processamento de linguagem natural e estatística. Com a mineração de texto, é possível obter informações e chegar a conclusões sobre um conjunto de documentos, através da análise dos dados.

A rede neural sem peso WiSARD é um classificador utilizado para o reconhecimento de padrões e utiliza valores binários em suas entradas. A WiSARD pode realizar a classificação de acordo com os padrões apresentados previamente durante a fase de treinamento. Buscamos classificar automaticamente as notícias políticas recentes do Brasil com base em sua polaridade política.

As fontes de dados selecionadas foram os feeds de notícias dos sítios dos partidos: Partido do Movimento Democrático Brasileiro (PMDB), Partido da Social Democracia Brasileira (PSDB), Partido dos Trabalhadores (PT) e o Partido Socialismo e Liberdade (PSOL).

Levamos em consideração neste trabalho que as fontes de notícias utilizadas gerem feeds de notícias com sua respectiva opinião implícita. Nossos resultados de classificação explicam o estilo de escrita dos conjuntos de autores e dos grupos por posição ideológica, juntamente com as diferenças no vocabulário que normalmente usam. Portanto, enquadrámos o problema de identificação de polarização como um problema de reconhecimento de origem e polaridade do texto.

Abordamos as vantagens e desvantagens do classificador WiSARD [3] em relação à precisão e eficiência/desempenho, comparada aos classificadores SVM [20], Regressão Logística [10], Naive Bayes [12] e Gradient Tree Boosting [13]. A terceira é a utilização da ClusWiSARD [5] na avaliação de um noticiário, por meio de aprendizado semi-supervisionado.

Identificar a viabilidade de classificar as fontes e as polaridades apenas com base no conteúdo do texto, com acurácia de cerca de 90%, é a nossa maior contribuição.

### 1.1 Considerações Sobre as Posições Partidárias

Identificar a posição ideológica de um partido político é ainda não possui um consenso e proporciona muitos debates por cientistas políticos, sociólogos e pesquisadores [21]. O trabalho de [18] apresenta essa dificuldade ao relacionar coligações partidárias e fatos noticiados. Para exemplificar uma mudança de

posicionamento partidário, podemos citar um fato que ocorreu na Dinamarca. Um partido denominado Esquerda Radical ( Radikale Venstre ) depois de variações de posicionamentos durante anos, hoje assume uma postura como partido de centro [19, 25].

Consideramos que o PMDB e o PSDB possuem afinidades, de acordo com [4, 7, 26] e consideramos que os partidos PT e PSOL possuem uma afinidade, conforme pode ser observado em [23, 22, 17]. Para fins de classificação por polaridade política, consideramos que as notícias podem pertencer a uma de duas classes, PMDB/PSDB e PT/PSOL.

## 2 | REDE NEURAL SEM PESO WISARD E A CLUSWISARD

A WiSARD é uma rede neural sem peso composta por um grupo de discriminadores. Cada discriminador é responsável pelo reconhecimento de uma única classe. Ela utiliza vetores binários como entrada e o armazenamento da informação é realizado pelos neurônios RAM, que não são capazes de generalizar de forma isolada, porém, conseguem generalizar quando compõe o discriminador [14].

A ClusWiSARD é uma variação da WiSARD, que busca melhorar o desempenho da WiSARD ao utilizar discriminadores como clusters, com a finalidade prevenir a classificação incorreta da WiSARD [5].

## 3 | METODOLOGIA

### 3.1 Coleta de Documentos

Foi implementado um crawler para obter textos das páginas dos respectivos partidos políticos. As notícias foram separadas por partido e em arquivo no formato TXT. Foram coletadas 1147 notícias políticas, dos anos de 2016 e 2017.

### 3.2 Pré-Processamento

Utilizamos o modelo *bag-of-words* para a representação dos documentos. Inicialmente, são removidos os caracteres especiais, dígitos, acentos e pontuações, pois não serão úteis ao processamento. Em seguida, todos os caracteres são convertidos para caixa baixa. Foi utilizado um dicionário para a remoção das stopwords. Consideramos a palavra 'não' como uma stopword e, em seguida, realizamos o *stemming*, onde as palavras são reduzidas ao seu radical.

### 3.3 Transformação dos Dados

Considerando  $n$  documentos indexados e  $m$  termos do conjunto, podemos

representar a matriz termo-documento  $A$  de ordem  $m \times n$ . Foi escolhido o modelo TF-IDF para representar a relevância de cada termo.

Foi escolhida Decomposição em Valores Singulares (SVD) para a redução da dimensionalidade. Baseado na escolha dos maiores valores singulares, podemos reduzir o “ruído” da matriz original, isto é descartar informações insignificantes.

Usualmente formaliza-se o espaço conceito como  $A_k = U_k \Sigma_k V_k^T$  onde  $A_k$  é a representação da matriz termo-documento reduzida,  $U_k$  representa a relação entre os termos e os conceitos,  $V_k$  representa a relação entre os documentos e os conceitos e  $\Sigma_k$  representa a intensidade de cada conceito. Para a escolha do valor de  $k$  que melhor representa a aproximação de  $A$ , foi utilizada uma forma empírica para encontrar o valor. Na Figura 3.1, podemos observar e concluir sobre os valores de  $k$  que melhor representam a aproximação em relação à matriz original. Cada documento foi representado por  $d^{\wedge} = d^T U_k$  onde  $d^T$  representa o vetor do documento e  $d^{\wedge}$  é a representação reduzida.

Por fim, cada documento foi representado por um vetor binário, similar a um ‘termômetro’, de acordo a relevância de cada termo.

### 3.4 Análise

Os padrões descobertos podem ser avaliados pelo usuário final, especialista do domínio e analista de dados, com o intuito de validar o conhecimento obtido [8].

Foi utilizado o método K-fold com 90% da massa de dados como treinamento e 10% para testes para avaliação.

## 4 | EXPERIMENTOS E RESULTADOS

### 4.1 Objetivo dos Experimentos

Foi avaliada a notícia completa e as manchetes das notícias, devido a muitas pessoas compartilharem reportagens em redes sociais sem ler seu conteúdo [9].

Como apoio à implementação, as principais bibliotecas para Python foram utilizadas: Scikit-Learn [15], PyWANN [16], Numpy [24] e Matplotlib [11].

### 4.3 Comparação Entre Classificadores

Este experimento foi demonstrado em [6] e realiza uma avaliação através do processo utilizando o corpo da notícia como base de dados. Para a redução de dimensionalidade, estratégia adotada foi aplicar a técnica de atribuição de pesos TF-IDF aos termos. Um limite estabelecido empiricamente  $\Theta$  foi utilizado para selecionar somente os termos mais significativos. A tabela 4.3 retrata uma comparação entre o desempenho de variações das arquiteturas do WiSARD e alguns classificadores.

Modelo	Unigramas		Bigramas		Trigramas	
	Ac	DP	Ac	DP	Ac	DP
Regressão Logística	88%	4%	95%	2%	94%	3%
WiSARD 4 bits com <i>bleaching</i>	88%	5%	93%	3%	95%	2%
WiSARD 8 bits com <i>bleaching</i>	88%	5%	93%	3%	94%	3%
SVM (kernel linear)	87%	4%	93%	4%	92%	4%
WiSARD 16 bits com <i>bleaching</i>	89%	6%	93%	6%	93%	4%
WiSARD 16 bits	89%	4%	92%	5%	93%	3%
WiSARD 8 bits	90%	6%	91%	3%	94%	3%
WiSARD 4 bits	91%	4%	91%	4%	94%	3%
GB (estimators=150, learning rate=0.01, depth=5)	83%	8%	86%	4%	85%	5%
Bernoulli Naive Bayes	80%	5%	85%	5%	86%	5%
WiSARD 32 bits com <i>bleaching</i>	83%	6%	84%	4%	93%	3%
WiSARD 32 bits	82%	6%	82%	6%	93%	4%

Tabela 4.1: Comparativo entre classificadores [6].

## 4.4 Classificação e Identificação de Polaridade

### 4.4.1 Classificação Baseada no Corpo da Notícia

O corpo da notícia é onde existe todo conteúdo da informação, através dos termos relevantes, podemos identificar a essência do mensagem.

Após a binarização das dimensões reduzidas, foi atribuído um rótulo para cada notícia de acordo com sua fonte partidária. Para avaliação de polaridade, foram atribuídos os rótulos da acordo com o grupo de sua fonte partidária.

Observamos que nas Figuras 4.1 e 4.2 que a acurácia decai ao se reduzir o tamanho dos bits de endereçamento de memória. Este fato explica o aumento do potencial de generalização do modelo relacionado ao tamanho da memória.

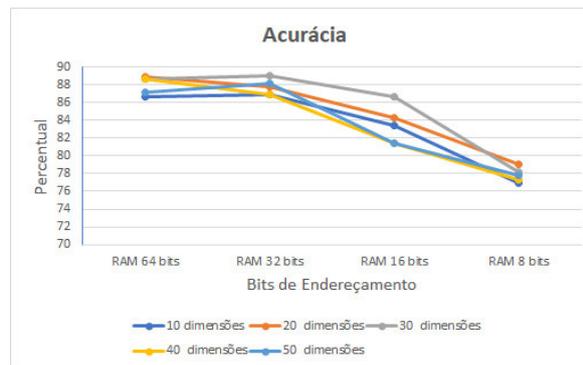


Figura 4.1: Acurácia relativa à classificação por polaridade baseada no corpo da notícia

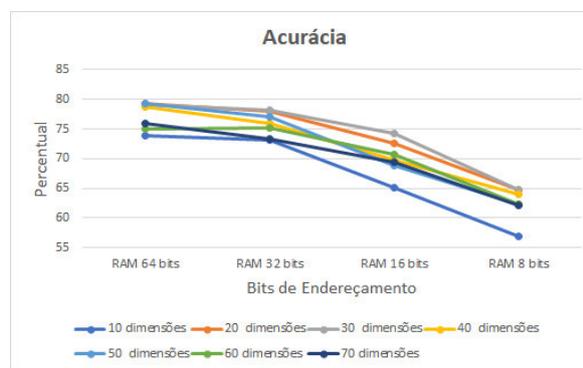


Figura 4.2: Acurácia relativa à classificação por partido baseada no corpo da notícia

#### 4.4.2 Classificação Baseada na Manchete

A manchete da notícia é a parte de destaque da mensagem, geralmente são utilizados termos de destaque ou até mesmo apelativos.

Foram realizadas avaliações utilizando a redução de dimensionalidade através da SVD. Foram rotuladas as notícias de acordo com suas fontes, através de suas siglas.

Observamos que nas Figuras 4.3 e 4.4, que a acurácia decai ao se reduzir a quantidade dos bits de endereçamento de memória. Este fato explica o aumento do potencial de generalização do modelo relacionado ao tamanho da memória.

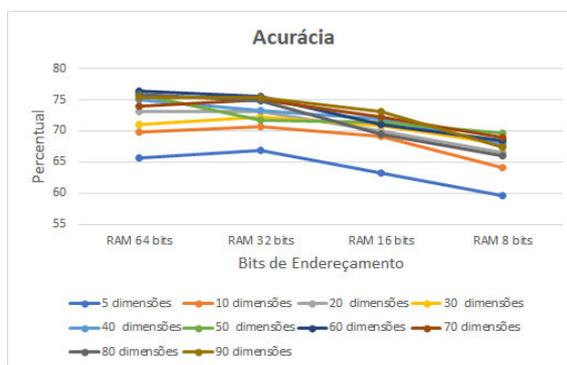


Figura 4.3: Acurácia relativa à classificação por polaridade baseada na manchete da notícia

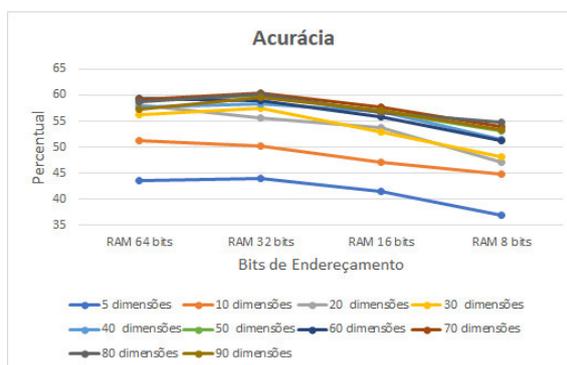


Figura 4.4: Acurácia relativa à classificação por partido baseada na manchete da notícia

#### 4.5 Avaliação da Evolução Temporal da Polaridade

O objetivo deste experimento é avaliar, dentro do conjunto de notícias coletados de um noticiário amplamente conhecido, a evolução temporal das notícias de acordo com o resultado do classificador. Foram consideradas que as notícias possuem um viés político em sua elaboração. Como base de dados do noticiário a ser avaliado, foram coletadas notícias dos anos de 2016 e 2017 da página do Jornal Nacional (<http://g1.globo.com/jornalnacional/>). Seleccionamos notícias sobre alguns personagens políticos deste período. Para seleccionar os personagens, filtramos as notícias de acordo com as palavras-chave 'Lula', 'Dilma', 'Temer' e 'Moro', utilizadas na manchete.

Foram utilizados os corpos das notícias coletadas. Para a classificação, foi utilizado o algoritmo ClusWiSARD [5].

Os dados coletados não receberam nenhum rótulo e foram apresentados em ordem temporal. Como parâmetros da ClusWiSARD, utilizamos clusters de tamanho 40, similaridade mínima de 50% e tamanho de endereçamento de memória de 32 bits.



Figura 4.5: Distribuição temporal de notícias com a palavra-chave 'Dilma' por polaridade

Após a classificação das notícias, é possível extrair algumas conclusões de acordo com fatos políticos ocorridos nos anos de 2016 e 2017. Na Figura 4.5, podemos observar o grande volume de notícias entre abril e agosto de 2016, período em que houve a votação da Câmara dos Deputados sobre o impeachment da ex-presidente Dilma. O segundo período de grande volume de notícias é relacionado ao julgamento da chapa Dilma-Temer e delações que envolveram a ex-presidente.

Na Figura 4.6, que é referente às notícias relativas ao termo 'Temer', podemos observar um aumento na quantidade de notícias em maio de 2017, mês em que houve, no dia 18, a divulgação um áudio pela imprensa. Nesse período também estava ocorrendo o julgamento da chapa Dilma-Temer. Este alto volume de notícias se deu até o arquivamento do processo contra o presidente Michel Temer por corrupção passiva pela Câmara dos Deputados. Nos meses de julho e agosto, é possível observar uma transição no perfil das notícias referentes ao termo.



Figura 4.6: Distribuição temporal de notícias com a palavra-chave 'Temer' por polaridade

Com relação às notícias referentes ao ex-presidente Lula, observamos que o volume de notícias um pouco maior antes da votação pela Câmara dos Deputados pelo impeachment da ex-presidente Dilma. Este volume é relacionado à nomeação do ex-presidente Lula como ministro da Casa Civil e o próximo grande volume de notícias coincide com o volume da Figura 4.8 e é referente aos depoimentos feitos pelo ex-presidente Lula ao Juiz Sérgio Moro e notícias relacionadas às delações.

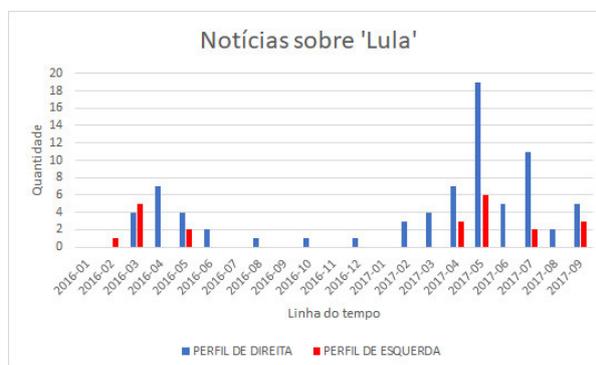


Figura 4.7: Distribuição temporal de notícias com a palavra-chave 'Lula' por polaridade



Figura 4.8: Distribuição temporal de notícias com a palavra-chave 'Moro' por polaridade

## 5 | CONCLUSÃO

A capacidade de aprendizado on-line do WiSARD e da ClusWiSARD, permitindo a inclusão de novos elementos em seu conjunto de treinamento sem a necessidade de se processar todos os dados, não é característica usual dos métodos de classificação e aglomeração. Isso as torna boas opções para utilização em identificação de polaridade e em classificação de notícias.

Os resultados demonstraram que a utilização do corpo da notícia no processo de mineração de textos obtiveram melhores resultados em acurácia. A utilização das manchetes das notícias se mostrou como mais uma alternativa para identificar a polaridade em notícias.

### 5.1 Trabalhos Futuros

Durante o desenvolvimento, observaram-se algumas possibilidades de melhorias na metodologia adotada. Como sugestão, podem ser abordadas as fake news, notícias imparciais e a exploração da avaliação temporal.

## REFERÊNCIAS

- [1] ALEKSANDER, I. **From WISARD to MAGNUS: a family of weightless virtual neural machines. RAM-Based Neural Networks**, Canterbury, v.9, 1998.

- [2] ALEKSANDER, I.; DE GREGORIO, M.; FRANÇA, F. M. G.; LIMA, P. M. V.; MORTON, H. **A brief introduction to Weightless Neural Systems**. In: ESANN, Bruges, Bélgica. Anais. . . UCL/ELEN, 2009. p.299-305.
- [3] ALEKSANDER, I.; THOMAS, W.; BOWDEN, P. **WISARD: a radical step forward in image recognition**. Sensor review, Bingley, Reino Unido, v.4, n.3, p.120-124, 1984.
- [4] BRASIL, B. **De criação na ditadura até o rompimento com governo: o PMDB em 10 capítulos**. Acesso em: 2017-10-05, Disponível em:<<http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2016/03/160330-pmdb-historia-ms-ss>>.
- [5] CARDOSO, D. d. O.; CARVALHO, D. S.; ALVES, D. S.; SOUZA, D. F. P. de; CARNEIRO, H. C.; PEDREIRA, C. E.; LIMA, P. M.; FRANÇA, F. M. **Credit analysis with a clustering RAM-based neural classifier**. In: ESANN, Bruges, Bélgica. Anais. . . UCL/ELEN, 2014.
- [6] CAVALCANTI, R. D.; LIMA, P. M. V.; GREGORIO, M. D.; MENASCHE, D. S. **Evaluating weightless neural networks for bias identification on news**. In: IEEE 14TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORKING, SENSING AND CONTROL (ICNSC), 2017., Calabria, Italy. Anais. . . IEEE, 2017. p.257-262.
- [7] DIAP, A. **Eleições 2014: direita política se populariza no brasil**. Acesso em: 2017-10-05, Disponível em:<<https://tinyurl.com/y9q772hb>>.
- [8] EBECKEN, N. F.; LOPES, M. C. S.; COSTA, M. C. et al. **Mineração de textos. Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações**, São Carlos, p.337-370, 2003.
- [9] GRANJA, B. **Geração só Manchete**. Acesso em: 2017-09-20, Disponível em:<<https://tinyurl.com/yd4wwdwh>>.
- [10] HOSMER JR, D. W.; LEMESHOW, S.; STURDIVANT, R. X. **Applied logistic regression**. New York: John Wiley & Sons, 2013. v.398.
- [11] HUNTER, J. D. **Matplotlib: a 2d graphics environment**. Computing In Science & Engineering, IEEE Computing in Science Engineering, v.9, n.3, p.90- 95, 2007.
- [12] LEWIS, D. D.; RINGUETTE, M. **A comparison of two learning algorithms for text categorization**. In: THIRD ANNUAL SYMPOSIUM ON DOCUMENT ANALYSIS AND INFORMATION RETRIEVAL, Las Vegas, Nevada. Anais. . . University of Nevada, 1994. v.33, p.81-93.
- [13] MAYRINK, V. T. d. M. **Avaliação do algoritmo Gradient Boosting em aplicações de previsão de carga elétrica a curto prazo**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Juiz de Fora.
- [14] PÁDUA BRAGA, A. de; LEON FERREIRA, A. C. P. de; LUDERMIR, T. B. **Redes neurais artificiais: teoria e aplicações**. Rio de Janeiro, Brasil: LTC Editora, 2014.
- [15] PEDREGOSA, F. et al. **Scikit-learn: machine learning in python**. Journal of Machine Learning Research, USA, v.12, n.Oct, p.2825-2830, 2011.
- [16] RANGEL, F.; FIRMINO, F. **Python Weightless Artificial Neural Network**. Acesso em: 2016-01-20, Disponível em:<<https://github.com/firmino/PyWANN>>.
- [17] ROCHA, V. da. **Saiba como surgiu e o que defende cada partido**. Acesso em: 2017-10-05, Disponível em:<<https://tinyurl.com/yaa3wy2l>>.
- [18] SAMUELS, D.; ZUCCO, C. **The power of partisanship in Brazil: evidence from survey**

**experiments.** American Journal of Political Science, Michigan, v.58, n.1, p.212-225, 2014.

[19] STAFF, R. **Danish parties agree on tougher border controls.** Acesso em: 2017-10-05, Disponível em:<<https://tinyurl.com/y6wh329a>>.

[20] SUYKENS, J. A.; VANDEWALLE, J. **Least squares support vector machine classifiers.** Neural processing letters, Kluwer Academic Publishers, v.9, n.3, p.293-300, 1999.

[21] TAROUÇO, G. d. S.; MADEIRA, R. M. **Partidos, programas e o debate sobre esquerda e direita no Brasil.** Revista de Sociologia e Política, Curitiba, v.21, p.149 - 165, 03 2013.

[22] THIAGO GUIMARÃES, R. S. e. **Como as eleições municipais desidratam os partidos de esquerda.** Acesso em: 2017-10-05, Disponível em:<<http://www.bbc.com/portuguese/brasil-37710397>>.

[23] VASCONCELLOS, F. **Maioria dos partidos se posiciona como de centro. Veja quem sobra no campo da direita e da esquerda.** Acesso em: 2017-10-05, Disponível em:<<https://tinyurl.com/y72rvf2r>>.

[24] WALT, S. v. d.; COLBERT, S. C.; VAROQUAUX, G. **The NumPy array: a structure for efficient numerical computation.** Computing in Science & Engineering, arXiv:1102.1523v1, v.13, n.2, p.22-30, 2011.

[25] WIKIPEDIA. **Radikale Venstre.** Acesso em: 2017-10-05, Disponível em:<[https://da.wikipedia.org/wiki/Radikale\\_Venstre](https://da.wikipedia.org/wiki/Radikale_Venstre)>.

[26] WINTER, B. **Exclusive: brazil opposition leader will seek economic reforms.** Acesso em: 2017-10-05, Disponível em:<<https://tinyurl.com/y9w9n7gf>>.

## ANÁLISE DE DADOS DE EXPRESSÃO GÊNICA POR MEIO DE MÉTODOS DE AGRUPAMENTO DIFUSO MULTIVARIADO

**Bruno Almeida Pimentel**

Universidade Federal de Alagoas, Instituto de  
Computação (IC-UFAL)  
Maceió – Alagoas

**Marcilio Carlos Pereira de Souto**

University of Orléans, Laboratoire d'Informatique  
Fondamentale d'Orléans (LIFO)  
Orléans, France

**RESUMO:** A prática de agrupar objetos de acordo com as similaridades e propriedades observadas é uma atividade importante para muitos ramos da ciência. A sua importância deve-se ao fato que a organização dos dados (objetos) em grupos (agrupamento de dados) é uma forma fundamental para entender e aprender sobre eles. Entre os diferentes métodos de agrupamento de dados existentes na literatura, esse trabalho se insere no contexto em que o agrupamento formado é difuso (*fuzzy*) – cada objeto tem graus diferentes pertinências com relação a cada grupo. Mais especificamente, o foco desse trabalho será sobre métodos de agrupamento difuso multivariado: não só o objeto tem um grau de pertinência a cada grupo, mas também cada variável representando um determinado objeto tem um grau de pertinência ao grupo. Esses tipos de métodos permitem analisar, por exemplo, qual variável foi mais importante para a formação de grupos. O

objetivo deste trabalho é propor uma aplicação desses métodos com dados biológicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agrupamento, Difuso, Multivariado, Aplicação, Expressão Gênica.

GENE EXPRESSION DATA ANALYSIS  
USING MULTIVARIATE FUZZY CLUSTERING  
METHODS

**ABSTRACT:** The practice of grouping objects according to observed similarities and properties is an important activity for many branches of science. Its importance is due to the fact that the organization of data (objects) into groups (data clustering) is a fundamental way to understand and learn about them. Among the different clustering methods in the literature, this work fits into the context in which the clustering formed is fuzzy - each object has different degrees of relevance to each group. More specifically, the focus of this paper will be on fuzzy clustering multivariate methods: not only does the object have a membership to each group, but also each variable representing a particular object has a membership to the group. These types of methods allow us to analyze, for example, which variable was most important for group formation. The aim of this paper is to propose an application of these methods with biological data.

**KEYWORDS:** Clustering, Fuzzy, Multivariate,

## 1 | INTRODUÇÃO

Com o crescente interesse em entender, processar e resumir dados, muitos domínios de aplicações tais como Reconhecimento de Padrões, Aprendizado de Máquina, Mineração de Dados, Visão Computacional e Bioinformática têm desenvolvido técnicas e métodos buscando automatizar a extração de informação dos dados. No caso de Bioinformática, dados são essenciais para a pesquisa biológica. Uma metodologia bastante conhecida neste tipo de pesquisa é o *microarray*, o qual armazena grande quantidade de material biológico. Experimentos com *microarray* são capazes de monitorar milhares de expressões gênicas em um organismo (Bhaskar, 2006).

Inicialmente, aplicações de *microarray* foram feitas para estudar o comportamento de doenças humanas servindo como uma ferramenta para diagnóstico médico (Alizadeh et al., 2000). Recentemente, há um número crescente de banco de dados com informações complexas de expressões gênicas (Choi, 2003). Uma tarefa desafiadora para o especialista é como extrair, comparar e integrar informações a partir uma grande quantidade de dados (Choi, 2003). Uma forma de extrair informação destes dados é a utilização de técnicas e métodos de Aprendizado de Máquina (Bhaskar, 2006).

Atualmente, métodos de agrupamento do tipo particional são os mais frequentemente utilizados para obter informações biológicas por meio de grupos baseando-se na similaridade entre os dados (Witten et al., 2011). Mais especificamente, entre os métodos de agrupamento particional ditos rígido (*hard/crispy*), ou seja, aqueles em que um objeto pertence apenas a um único grupo, um dos mais utilizados é o *K-Means* (Ichikawa e Morishita, 2014). Por ser do tipo rígido, ele não é adequado em problemas em que os grupos são sobrepostos (um mesmo objeto pode pertencer a diferentes grupos). Uma vantagem do uso de métodos difusos é a possibilidade de interpretar o valor do grau de pertinência: quão semelhante um elemento é de um dado grupo. Entretanto, um ponto em aberto em Bioinformática é como identificar qual variável contribuiu para o grau de semelhança entre o elemento e o grupo. Desta forma, a proposta é utilizar a abordagem multivariada.

Um dos principais objetos de estudo da Bioinformática é o **genoma** dos organismos, o qual constitui o conjunto de suas informações genéticas. Desta forma, o genoma pode ser compreendido como uma coleção de fatores responsáveis pela hereditariedade de um organismo vivo. Esses fatores são denominados **genes** e são responsáveis por codificar toda a informação genética (Slack, 2014). Os **cromossomos** são estruturas biológicas com funções específicas presentes em todas as células de um organismo e contém vários genes, sendo assim seus portadores.

Estudos sobre cromossomos mostraram que eles são constituídos por sequências de moléculas de **Ácido Desoxirribonucléico** (do inglês, *Deoxyribonucleic Acid* – DNA) (Alberts et al., 2002).

Um DNA pode conter diversos genes, que por sua vez realizam uma importante função biológica: codificam proteínas. As **proteínas**, formadas por sequências de aminoácidos, são essenciais para um ser vivo porque exercem funções relevantes tais como estruturais, regulatórias ou catalizadoras. O processo pelo qual as sequências de nucleotídeos dos genes são interpretadas na produção de proteínas é denominado **expressão gênica** (Ji et al., 2014).

A análise de expressão gênica é importante para a Biologia porque pode ser uma fonte de informação a respeito do comportamento de células, já que alterações fisiológicas de um organismo estão normalmente relacionadas a alterações na expressão gênica (Alberts et al., 2002). Diversas técnicas podem ser utilizadas para fazer a análise de expressão gênica. Dentre estas técnicas, uma das mais utilizadas é a *microarray* onde medidas de níveis de expressões gênicas referentes a uma ampla variedade de genes podem ser armazenada em uma única superfície sólida.

Para fazer o armazenamento de expressões gênicas em *microarray*, amostras biológicas são dispostas em superfícies adequadamente preparadas, que são divididas em milhares de pontos. Cada ponto contém milhares de sondas de cDNA (DNA sintetizado a partir de uma molécula de RNA mensageiro) que foram projetadas para hibridizar com o mRNA (RNA mensageiro, responsável pela transferência de informação) de um certo gene. As moléculas de cDNA produzidas são, em geral, marcadas com rótulos fluorescentes verdes (Cy3), enquanto as moléculas de mRNA são marcadas com rótulos vermelhos (Cy5). Em seguida, a lâmina é escaneada utilizando-se lasers, produzindo como resultado uma imagem com as intensidades luminosas dos rótulos de todos os pontos. A partir dessa lâmina final, uma análise computacional é realizada para gerar dados, relacionando genes, amostras e variáveis quantitativas (Duggan et al., 1999). A Figura 1 mostra o processo de criação de um *microarray*.

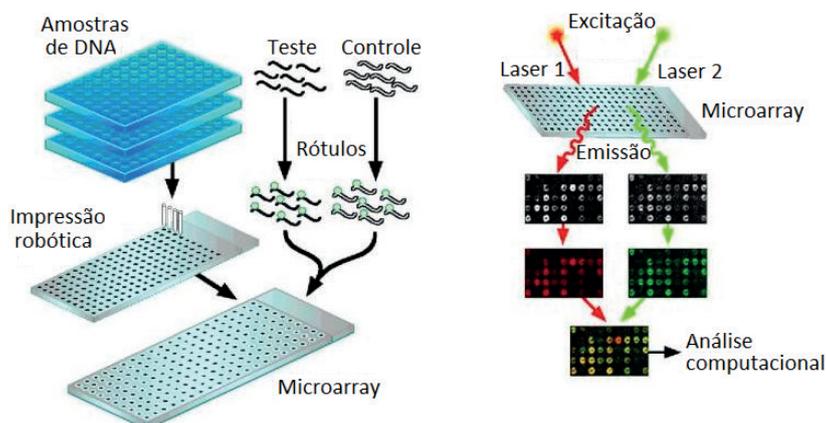


Figura 1 Constituição de um microarray a partir de amostras de DNA e utilização de lasers para a excitação dos rótulos fluorescentes (adaptação de Duggan et al., 1999).

## 2 | UMA ESTRATÉGIA PARA INTERPRETAR GRAUS DE PERTINÊNCIA MULTIVARIADO

A suposição subjacente à estratégia proposta neste trabalho é a seguinte. O grau de pertinência de uma dada variável para um determinado objeto deve ser maior no grupo em que tal variável é mais discriminativa. Ou seja, ele está mais perto do protótipo (elemento central de um grupo) em relação a uma variável. Neste contexto, também se assume que quanto maior o grau de pertinência de uma variável para um grupo, mais relevante esta variável é para caracterizá-lo. Com base nisto, propõe-se uma estratégia simples (Algoritmo 1), que consiste no cálculo da média ( $a_{ij}$ ) do grau de pertinência multivariado levando em conta todos os objetos. O algoritmo a seguir explica como a relevância de uma determinada variável  $j$  em um grupo  $i$  é calculado:

---

### Algoritmo 1 Relevância( $i, j, U$ )

---

**Requer:** Grupo  $i$ , variável  $j$  e matriz de graus de pertinência multivariados  $U$ ,

1: Inicialize  $a_{ij} = 0$ ,

2: **Para** cada objeto  $k$  do conjunto ( $k = 1, \dots, n$ ) **Faça**

3: Pegue o grau de pertinência multivariado correspondente ao grupo  $C_i$  e variável  $j$  ( $u_{ijk}$ ),

4:  $a_{ij} = a_{ij} + u_{ijk}$ .

5: **Fim Para**

6:  $a_{ij} = a_{ij}/n$ ,

**Retorne**  $a_{ij}$ .

---

Para fins pedagógicos, considere um exemplo muito simples da utilização do Algoritmo 1. Suponha o conjunto de dados sintético ilustrada na Figura 2. Tal conjunto de dados consiste em quatro classes bem separadas, onde as classes  $C_1$  e  $C_3$  são mais bem descritas pela variável 2, enquanto as classes  $C_2$  e  $C_4$  são mais bem descritas pela variável 1. Cada classe é desenhada de acordo com uma distribuição normal bivariada, cujos componentes são variáveis independentes. Tabela 1 mostra os parâmetros das classes para este conjunto de dados sintético.

Classe	$\mu_1$	$\mu_2$	$\sigma_1^2$	$\sigma_2^2$	# Objetos
C1	40	7	100	4	100
C2	70	37	4	100	100
C3	40	70	100	4	100
C4	10	37	4	100	100

Tabela 1 Parâmetros para o conjunto de dados sintético.

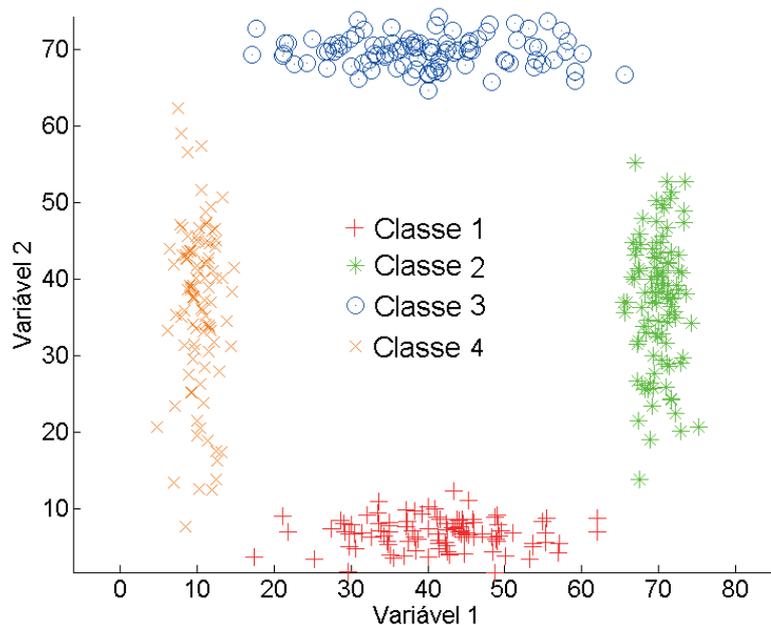


Figura 2 Dispersão do conjunto de dados sintético.

A fim de analisar os graus de pertinência multivariados, métodos multivariados MFCM (Pimentel e De Souza, 2013), MFCM-G (Pimentel e De Souza, 2014), MFCM-D (Pimentel e De Souza, 2016), MPFCM e MPFCM-D (Pimentel e De Souza, 2018) foram executados com este conjunto de dados utilizando-se o parâmetro  $m = 2$ . Em termos de metodologia, os experimentos foram realizados utilizando Monte Carlo. Mais especificamente, 100 replicações foram realizadas de acordo com os parâmetros na Tabela 1. Para cada replicação, cada método foi executado 50 vezes com diferentes inicializações até a sua convergência. O melhor resultado de acordo com a função objetivo foi selecionado. Para avaliar a qualidade das partições/agrupamentos difusa geradas com os métodos, por meio do índice FR (Hullermeier et al, 2011), uma comparação da similaridade entre essas partições e a “verdadeira” partição do conjunto de dados (Figura 2) é feita. Valores de FR próximos de 1 indicam uma perfeita correspondência entre a partição verdadeira e a gerada por um método.

Após a execução das 100 replicações, a média e o desvio padrão deste índice foram calculados. Estes valores são: 0,8213 e 0,0231 (MFCM), 0,8769 e 0,0134 (MFCM-G), 0,8430 e 0,0141 (MFCM-D), 0,8072 e 0,0134 (MPFCM), 0,8611 e 0,0141 (MPFCM-D). Assim, em média, os métodos conseguiram produzir partições próximas da verdadeira. A fim de verificar se a suposição de que maior o grau de pertinência, maior a relevância para caracterizar o grupo, o Algoritmo 1 foi executado para cada partição difusa. O resultado é a média de 100 valores de  $a_{ij}$ . Tabela 2 mostra a média e desvio padrão (entre parênteses) de  $a_{ij}$  obtido pelos métodos multivariados para o conjunto de dados sintético.

Método	Var.	C1	C2	C3	C4
MFCM	1	0,0652 (0,0152)	<b>0,1793</b> (0,0102)	0,0732 (0,0093)	<b>0,1775</b> (0,0112)
	2	<b>0,1864</b> (0,0136)	0,0701 (0,0081)	<b>0,1708</b> (0,0144)	0,0686 (0,0145)
MFCM-G	1	0,0387 (0,0111)	<b>0,1996</b> (0,0084)	0,0376 (0,0123)	<b>0,2084</b> (0,0164)
	2	<b>0,2071</b> (0,0101)	0,0502 (0,0122)	<b>0,2174</b> (0,0114)	0,0411 (0,0127)
MFCM-D	1	0,0000 (0,0000)	<b>0,2136</b> (0,0128)	0,0000 (0,0000)	<b>0,2546</b> (0,0102)
	2	<b>0,2696</b> (0,0145)	0,0000 (0,0000)	<b>0,2607</b> (0,0125)	0,0026 (0,0023)
MPFCM	1	0,0702 (0,0013)	<b>0,2101</b> (0,0121)	0,0661 (0,0131)	<b>0,1955</b> (0,0136)
	2	<b>0,1814</b> (0,0151)	0,0446 (0,0014)	<b>0,1783</b> (0,0131)	0,0535 (0,0112)
MPFCM-D	1	0,0378 (0,0013)	<b>0,2033</b> (0,0121)	0,0413 (0,0131)	<b>0,2162</b> (0,0142)
	2	<b>0,2139</b> (0,0135)	0,0399 (0,0112)	<b>0,2074</b> (0,0124)	0,0399 (0,0012)

Tabela 2 Média e desvio padrão (em parênteses) de  $a_{ij}$  dos métodos multivariados e conjunto de dados sintético.

De acordo os resultados dos métodos multivariados apresentados na Tabela 2, em relação à variável 2, a média de  $a_{ij}$  para os grupos 1 e 3 é maior do que para os grupos 2 e 4. Em contraste, a média de  $a_{ij}$  para os grupos 2 e 4 é maior do que para os grupos 1 e 3 com respeito à variável 1. Portanto, como esperado, os grupos 1 e 3 podem ser mais bem descritos pela variável 2, enquanto os grupos 2 e 4 podem ser mais bem descritos pela variável 1.

### 3 | APLICAÇÃO A DADOS DE EXPRESSÃO GÊNICA

Oito conjuntos de dados de expressões gênicas, que são referência em estudos presentes na literatura de bioinformática (ver De Souto et al. (2008)), foram utilizadas. A Tabela 3 mostra uma breve descrição desses conjuntos segundo o número de amostras, o número de classes, a quantidade de amostras em cada classe e o número de genes que descrevem cada amostra. Estes conjuntos de dados foram escolhidos de forma a ter representantes das tecnologias mais utilizadas para obtenção de dados de expressão: *chips Affymetrix* de único canal (ou simplesmente *Affymetrix*)

e cDNA de duplo canal (ou cDNA). Além disso, para ter alguma diversidade entre os conjuntos de dados escolhidos há alguns que, no estudo em De Souto et al. (2008), as partições geradas pelo *K-Means* apresentaram grande, médio e baixo valor de CR (índice de Rand Corrigido). Os conjuntos de dados analisados neste estudo estão disponíveis em <http://bioinformatics.rutgers.edu/Supplements/CompCancer/>.

	Conjunto	# Amostras	# Classes	Cardinalidade	# Genes
Affymetrix	Chowdary	104	2	62, 42	182
	Dryskjot	40	3	9, 21, 11	1203
	Gordon	181	2	31, 150	1626
	Nutt2	28	2	14, 14	1070
	Shipp	77	2	58, 19	798
cDN	Alizadeh1	42	2	21, 21	1095
	Chen	180	2	104, 76	85
	Khan	83	4	29, 11, 18, 25	1069

Tabela 3 Descrição de conjuntos de dados de expressão de genes.

Os experimentos foram realizados com os métodos usadas na Seção 2. Em termos de metodologia, no âmbito de um experimento de *Booststrap*, 50 reamostragens de cada conjunto de dados foram construídas. Para cada replicação, os métodos de agrupamento foram aplicados aos conjuntos de dados com 50 inicializações aleatórias e eles foram executados até a sua convergência. Em seguida, o melhor resultado de acordo com a função de objetivo foi selecionado e o índice FR foi calculado comparando a partição difusa obtida por cada método de agrupamento e a verdadeira partição. Após a execução das 50 reamostragens, a média e o desvio padrão do FR foram calculados.

Tabela 4 a média e desvio padrão (entre parênteses) do índice FR obtido pelos métodos para conjuntos de dados de genes. O maior valor médio da FR para cada conjunto de dados está em negrito.

	Conjunto	MFCM	MFCM-G	MFCM-D	MPFCM	MPFCM-D
Affymetrix	Chowdary	<b>0,556</b> (0,025)	0,358 (0,019)	0,185 (0,014)	0,484 (0,011)	0,488 (0,010)
	Dryskjot	<b>0,243</b> (0,009)	0,080 (0,011)	0,225 (0,012)	0,177 (0,012)	0,216 (0,009)
	Gordon	0,359 (0,011)	0,458 (0,021)	<b>0,537</b> (0,017)	0,248 (0,013)	0,475 (0,011)
	Nutt2	<b>0,267</b> (0,014)	0,139 (0,021)	0,088 (0,003)	0,259 (0,008)	0,188 (0,009)
	Shipp	<b>0,672</b> (0,022)	0,371 (0,012)	0,470 (0,031)	0,345 (0,013)	0,331 (0,011)
cDNA	Alizadeh1	0,848 (0,009)	<b>0,973</b> (0,014)	0,045 (0,017)	0,649 (0,008)	0,780 (0,017)
	Chen	<b>0,793</b> (0,027)	0,786 (0,019)	0,255 (0,023)	0,288 (0,022)	0,100 (0,012)
	Khan	0,503 (0,023)	<b>0,710</b> (0,021)	0,421 (0,019)	0,455 (0,011)	0,495 (0,021)

Tabela 4 Média e desvio padrão (entre parênteses) do índice de FR (maiores valores em negrito) para os métodos de agrupamento e todos os conjuntos de dados.

A fim de fazer uma discussão sobre a relevância de variáveis/genes, foi selecionado um conjunto de dados de cada tecnologia. Esta seleção baseou-se no volume de informações disponíveis sobre os dados e o nível de dificuldade dos conjuntos. Portanto, para *Affymetrix*, escolhemos *Chowdary* e para *cDNA* escolhemos *Alizadeh1*.

*Chowdary* é um conjunto de dados que contém pares comparáveis de 104 snap congelados. Destes 104, 62 RNA foram conservados a partir de tecidos com tumores de mama (classe B) e outras 42 amostras foram de tumores de cólon do tipo Dukes' B (classe C). Todas as amostras são descritas por 182 genes (Chowdary et al., 2006). *Alizadeh1* consiste em amostras de expressões gênicas de linfomas doentes de adultos: *Diffuse Large B-Cell Lymphoma* (DLBCL). Tem duas formas distintas de DLBCL, contendo 21 amostras de DLBCL1 e 21 amostras de DLBCL2 deste conjunto de dados. Subgrupos de genes de DLBCL são distintos quando expresso durante a diferenciação de células B (DLBCL1) ou ativação (DLBCL2). Estas 42 amostras são descritas por 1095 genes (Alizadeh et al., 2000).

Para cada método multivariado e conjunto de dados, as médias dos graus de pertinência multivariados  $a_{ij}$  foram calculadas usando o Algoritmo 1. A partir dessas médias, foram selecionados os cinco maiores valores para cada grupo e foram identificadas as variáveis/genes correspondentes — ver Tabela 5 e 6.

Método		Grupo 1				
		1	2	3	4	5
Chowdary	MFCM	0,0762 ZG16	0,0599 CRIPTO3	0,0569 DEFA6	0,0443 CCL20	0,0424 AOC1
	MFCM-G	0,0646 ZG16	0,0594 CRIPTO3	0,0557 DEFA6	0,0520 CCL20	0,0512 AOC1
	MFCM-D	0,0166 RPS4Y1	0,0151 CRIPTO3	0,0147 LEFTY1	0,0144 ZG16	0,0141 KRT6B
	MPFCM	0,0867 ZG16	0,0709 CRIPTO3	0,0596 DEFA6	0,0487 CCL20	0,0462 AOC1
	MPFCM-D	0,2105 ZG16	0,1317 DEFA6	0,0833 NOX1	0,0798 CRIPTO3	0,0783 MEP1A
Alizadeh1	MFCM	0,1723 CD83	0,1723 CSNK1G2	0,1723 WHSC1	0,1723 XKR6	0,1723 MORC2-AS1
	MFCM-G	0,2251 CD83	0,215 CSNK1G2	0,2113 WHSC1	0,2041 XKR6	0,2002 MORC2-AS1
	MFCM-D	0,1723 CD83	0,1723 CSNK1G2	0,1723 WHSC1	0,1723 XKR6	0,1723 MORC2-AS1
	MPFCM	0,2477 LOC40137	0,1434 CD83	0,1434 CSNK1G2	0,1434 WHSC1	0,1434 XKR6
	MPFCM-D	0,1162 SNX14	0,1118 C10ORF46	0,1094 TIAL1	0,1070 TM4SF2	0,0994 BNIP3

Tabela 5 Valores selecionados de  $a_{ij}$  e correspondentes genes: Grupo 1.

Método		Grupo 2				
		1	2	3	4	5
Chowdary	MFCM	0,0937 KRT14	0,0884 KRT15	0,0799 SCGB1D2	0,0770 NPY1R	0,0763 HLA-DQA1
	MFCM-G	0,1542 KRT14	0,1421 KRT15	0,1179 SCGB1D2	0,1057 NPY1R	0,1005 HLA-DQA1
	MFCM-D	0,0212 KRT6B	0,0187 KRT14	0,0185 GABRP	0,0185 RPS4Y1	0,0184 PIP
	MPFCM	0,1128 KRT14	0,1079 KRT15	0,0988 SCGB1D2	0,0954 USH1C	0,0948 NPY1R
	MPFCM-D	0,4026 KRT14	0,3808 GATA3	0,1065 SCGB1D2	0,0698 SCGB2A2	0,0172 GCNT3
Alizadeh1	MFCM	0,1865 MEN1	0,0859 DNAH1	0,0859 WHSC1	0,0859 RNLS	0,0722 PRR3
	MFCM-G	0,8482 MEN1	0,0701 DNAH1	0,0489 WHSC1	0,0307 RNLS	0,0018 PRR3
	MFCM-D	0,1865 MEN1	0,0859 DNAH1	0,0859 WHSC1	0,0859 RNLS	0,0722 PRR3
	MPFCM	0,8170 HLA-E	0,1234 TINF2	0,0396 SHMT2	0,0042 CLC	0,0031 CD40
	MPFCM-D	0,1264 CHD3	0,1237 TMEM41B	0,0807 GPR160	0,0713 CRHBP	0,0654 LBD29

Tabela 6 Valores selecionados de  $a_{ij}$  e correspondentes genes: Grupo 2.

Inicialmente serão analisados os resultados a respeito do conjunto de dados *Chowdary* e depois de *Alizadeh1*. Para fazer a análise, o resultado do método

multivariado que obteve o maior valor de FR foi selecionado, para cada conjunto de dados (MFCM em *Chowdary* e MFCM-G em *Alizadeh1*). No caso do *Chowdary*, quando consideramos genes no grupo 1, de acordo com estudos sobre estrógeno e células de câncer de mama, ZG16 é reprimido por meio de sinalização do estrogênio em células de câncer da mama (Hsu et al., 2010). CRIPTO3 é expresso na maioria dos tipos de câncer e está ausente ou apenas fracamente expresso em células normais. Este gene foi encontrado em tecidos da mama e câncer do pulmão (Sun et al., 2008). DEFA6 pertence à família Alpha Defensin. Alpha Defensins em humanos aumentam a produção de citocinas e quimiocinas (a superfamília de pequenas proteínas do tipo citocina) e pode promover a metástase do câncer de mama (Muller et al., 2001). CCL20 (pertence à família *Chemokine Ligands*) pode ser um fator envolvido na ontogenia (toda a sequência de eventos envolvidos no desenvolvimento de um organismo individual) do carcinoma da mama (Marsigliante et al., 2013), uma vez que a metástase do câncer da mama são as fontes de *Ligands* mais abundantes (Muller et al., 2001). AOC1 (também chamado DAO) é influenciada pelo ciclo menstrual, assim, as mulheres têm uma mais alta concentração de DAO do que os homens. Além disso, níveis de DAO estão intimamente associados com as mulheres saudáveis na pré-menopausa (Hamada et al., 2013). Os resultados obtidos estão, portanto, de acordo com a descrição da classe de tecidos de **câncer da mama** (B) de *Chowdary*.

Para o grupo 2, KRT14 é expresso imunocitoquimicamente tanto em SP (*Side Population*) e células não-SP e um estudo demonstrou que cânceres do sistema gastrointestinal contêm células SP que mostram algumas características de células-tronco (Haraguchi et al., 2006). KRT15 pertence à mesma família de KRT14 e são reprimidos por Cdx2 (essencial para o desenvolvimento intestinal e desempenha um papel importante no câncer do cólon) (Liu et al., 2006). SCGB1D2 (ou *Lipophilin B*) é expresso no cólon (Zafrakas et al., 2006). O gene NPY1R pertence à família NPY onde níveis de NPY diferem entre os subgrupos de síndrome do intestino irritável (Simrén et al., 2003). HLA-DQA1 está fortemente associado com a doença celíaca, que é uma das mais frequentes doenças do intestino delgado (Rujner et al., 2001). Os resultados obtidos estão, portanto, de acordo com a descrição da classe de tecidos de **câncer do cólon** (C) de *Chowdary*. Em resumo, estes genes mostram ser relevantes para descrever os dois grupos de tecidos de *Chowdary*.

Passemos agora para a análise do conjunto de dados *Alizadeh1*. Quando se considera o grupo 1 (DLBCL1), CD83 é membro da família de genes CD, que pertence a uma grande família de genes chamada *Cluster of Differentiation* (ou Grupamento de Diferenciação). Genes CD permitem maturação e diferenciação de células em um subconjunto de DLBCL (Chang et al., 2007). CSNK1G2 é altamente expresso no Centro Germinativo (GC) de células normais do tipo B (Nishiu et al., 2004). XKR6 está relacionado com a diferenciação de células (Daniels et al., 2004). Portanto, estes genes estão em conformidade com a descrição da classe de tecidos

de **diferenciação de células B** (DLBCL1).

Os genes relacionados com o grupo 2 (DLBCL2) têm um comportamento diferente. O gene com o maior valor de  $a_{ij}$  deste grupo é MEN1 que codifica *menin*. Estudos recentes revelaram que *menin* interage com uma variedade de proteínas, incluindo JunD (uma proteína de factor de transcrição) e que reprime a transcrição de JunD- e NF-kB-ativado (Sowa et al.,2003), onde as ligações usadas por NF-kB é ativado em muitas grandes células do linfoma, especialmente aqueles do tipo ABC (Gatter e Pezzella, 2010). RNLS codifica a proteína *renalase* cujas funções são a sobrevivência e fator de crescimento (Xu et al., 2005). Além disso, *renalase* pode ativar ligações de proteínas quinase de uma forma que proteja as células contra a apoptose (morte celular programa) (Wang et al., 2014). Por isso, estes genes estão em conformidade com a descrição da classe de tecidos de **ativação das células B** (DLBCL2). Para este conjunto de dados, de acordo com a literatura, não foi possível concluir se os genes WHSC1 e MORC2-AS1 estão, de fato, associados a DLBCL1, nem se os genes DNAH1, WHSC1 e PRR3 tem relação com o grupo DLBCL2.

#### 4 | CONCLUSÃO

Este trabalho propôs uma estratégia para interpretar os graus de pertinência multivariados. Para validar essa estratégia, uma metodologia experimental foi realizada utilizando dados sintéticos e reais. No contexto de conjunto de dados reais relativos a tecidos cancerígenos descritos por expressões gênicas e usando a estratégia proposta, foi possível mostrar que os genes selecionados eram relevantes para descrever cada grupo, em conformidade com a verdadeira partição (a estrutura real da classe na base de dados).

#### REFERÊNCIAS

ALERTS, Bruce et al. **Molecular Biology of the Cell**, Fourth Edition, 2002.

ALIZADEH, Ash A. et al. **Distinct types of diffuse large B-cell lymphoma identified by gene expression profiling**. Nature, v. 403, n. 6769, p. 503, 2000.

BHASKAR, Harish; HOYLE, David C.; SINGH, Sameer. **Machine learning in bioinformatics: A brief survey and recommendations for practitioners**. Computers in biology and medicine, v. 36, n. 10, p. 1104-1125, 2006.

CHANG, Kung-Chao et al. **Distribution patterns of dendritic cells and T cells in diffuse large B-cell lymphomas correlate with prognoses**. Clinical Cancer Research, v. 13, n. 22, p. 6666-6672, 2007.

CHOI, Jung Kyoan et al. **Combining multiple microarray studies and modeling interstudy variation**. Bioinformatics, v. 19, n. suppl\_1, p. i84-i90, 2003.

CHOWDARY, Dondapati et al. **Prognostic gene expression signatures can be measured in tissues collected in RNAlater preservative**. The journal of molecular diagnostics, v. 8, n. 1, p. 31-39,

2006.

DANIELS, G. L. et al. **Blood group terminology 2004: from the International Society of Blood Transfusion committee on terminology for red cell surface antigens.** Vox sanguinis, v. 87, n. 4, p. 304-316, 2004.

DUGGAN, David J. et al. **Expression profiling using cDNA microarrays.** Nature genetics, v. 21, n. 1s, p. 10, 1999.

GATTER, Kevin; PEZZELLA, Francesco. **Diffuse large B-cell lymphoma.** Diagnostic Histopathology, v. 16, n. 2, p. 69-81, 2010.

HAMADA, Yasuhiro et al. **Effect of the menstrual cycle on serum diamine oxidase levels in healthy women.** Clinical biochemistry, v. 46, n. 1-2, p. 99-102, 2013.

HARAGUCHI, Naotsugu et al. **Cancer stem cells in human gastrointestinal cancers.** Human cell, v. 19, n. 1, p. 24-29, 2006.

HULLERMEIER, Eyke et al. **Comparing fuzzy partitions: A generalization of the rand index and related measures.** IEEE Transactions on Fuzzy Systems, v. 20, n. 3, p. 546-556, 2011.

HSU, Pei-Yin et al. **Estrogen-mediated epigenetic repression of large chromosomal regions through DNA looping.** Genome research, v. 20, n. 6, p. 733-744, 2010.

ICHIKAWA, Kazuki; MORISHITA, Shinichi. **A Simple but Powerful Heuristic Method for Accelerating k-Means Clustering of Large-Scale Data in Life Science.** IEEE/ACM transactions on computational biology and bioinformatics, v. 11, n. 4, p. 681-692, 2014.

Jl, Zexuan et al. **Interval-valued possibilistic fuzzy C-means clustering algorithm.** Fuzzy Sets and Systems, v. 253, p. 138-156, 2014.

LIU, Tong et al. **Regulation of Cdx2 expression by promoter methylation, and effects of Cdx2 transfection on morphology and gene expression of human esophageal epithelial cells.** Carcinogenesis, v. 28, n. 2, p. 488-496, 2007.

MARSIGLIANTE, Santo; VETRUGNO, Carla; MUSCELLA, Antonella. **CCL20 induces migration and proliferation on breast epithelial cells.** Journal of cellular physiology, v. 228, n. 9, p. 1873-1883, 2013.

MÜLLER, Anja et al. **Involvement of chemokine receptors in breast cancer metastasis.** Nature, v. 410, n. 6824, p. 50, 2001.

NISHIU, Mieko et al. **Distinct pattern of gene expression in pyothorax-associated lymphoma (PAL), a lymphoma developing in long-standing inflammation.** Cancer science, v. 95, n. 10, p. 828-834, 2004.

RUJNER, Jolanta et al. **Coeliac disease and HLA-DQ 2 (DQA1\* 0501 and DQB1\* 0201) in patients with Turner syndrome.** Journal of pediatric gastroenterology and nutrition, v. 32, n. 1, p. 114-115, 2001.

PIMENTEL, B. A.; DE SOUZA, R. M. C. R. **A multivariate fuzzy c-means method.** Applied Soft Computing, v. 13, n. 4, p. 1592-1607, 2013.

PIMENTEL, B. A.; DE SOUZA, R. M. C. R. **A weighted multivariate Fuzzy C-Means method in interval-valued scientific production data.** Expert Systems with Applications, v. 41, n. 7, p. 3223-3236, 2014.

PIMENTEL, B. A.; DE SOUZA, R. M. C. R. **Multivariate Fuzzy C-Means algorithms with weighting**. Neurocomputing, v. 174, p. 946-965, 2016.

PIMENTEL, B. A.; DE SOUZA, R. M. C. R. **A Generalized Multivariate Approach for Possibilistic Fuzzy C-Means Clustering**. Int. Journal of Uncertainty, Fuzz. and Know.-Based Systems, v. 26, n. 06, p. 893-916, 2018.

SIMRÉN, Magnus et al. **Abnormal levels of neuropeptide Y and peptide YY in the colon in irritable bowel syndrome**. European journal of gastroenterology & hepatology, v. 15, n. 1, p. 55-62, 2003.

SLACK, Jonathan. **Genes: a very short introduction**. OUP Oxford, 2014.

SOWA, Hideaki et al. **Inactivation of menin, the product of the multiple endocrine neoplasia type 1 gene, inhibits the commitment of multipotential mesenchymal stem cells into the osteoblast lineage**. Journal of Biological Chemistry, v. 278, n. 23, p. 21058-21069, 2003.

SUN, Chao et al. **CRIPTO3, a presumed pseudogene, is expressed in cancer**. Biochemical and biophysical research communications, v. 377, n. 1, p. 215-220, 2008.

WANG, Ling et al. **Renalase prevents AKI independent of amine oxidase activity**. Journal of the American Society of Nephrology, v. 25, n. 6, p. 1226-1235, 2014.

WITTEN, Ian H. et al. **Data Mining: Practical machine learning tools and techniques**. Morgan Kaufmann, 2016.

XU, Jianchao et al. **Renalase is a novel, soluble monoamine oxidase that regulates cardiac function and blood pressure**. The Journal of clinical investigation, v. 115, n. 5, p. 1275-1280, 2005.

ZAFRAKAS, Menelaos et al. **Expression analysis of mammaglobin A (SCGB2A2) and lipophilin B (SCGB1D2) in more than 300 human tumors and matching normal tissues reveals their co-expression in gynecologic malignancies**. BMC cancer, v. 6, n. 1, p. 88, 2006.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

ERNANE ROSA MARTINS - Doutorado em andamento em Ciência da Informação com ênfase em Sistemas, Tecnologias e Gestão da Informação, na Universidade Fernando Pessoa, em Porto/Portugal. Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, possui Pós-Graduação em Tecnologia em Gestão da Informação, Graduação em Ciência da Computação e Graduação em Sistemas de Informação. Professor de Informática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG (Câmpus Luziânia) ministrando disciplinas nas áreas de Engenharia de Software, Desenvolvimento de Sistemas, Linguagens de Programação, Banco de Dados e Gestão em Tecnologia da Informação. Pesquisador do Núcleo de Inovação, Tecnologia e Educação (NITE), certificado pelo IFG no CNPq. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1543-1108>.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abaqus 40, 41, 43, 46, 48  
Agrupamento 81, 140, 169, 170, 175, 176  
Aplicação 5, 6, 28, 31, 33, 34, 37, 49, 50, 51, 52, 53, 58, 59, 60, 61, 68, 70, 80, 83, 89, 129, 135, 148, 150, 152, 157, 169, 174  
Aplicativo móvel 1, 7, 88  
Aprendizado online 98, 100  
Aprendizagem 63, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 100, 101, 140, 147, 148, 149, 150, 154, 156  
Aprendizagem colaborativa 89, 95, 140  
Área de convergência 49, 50, 51, 52, 58, 60, 61, 62  
Atenção visual 98, 101, 103, 106, 107, 110  
Avaliação automática 148, 149

### B

Banco de dados 8, 59, 66, 76, 77, 79, 81, 82, 84, 85, 86, 170, 182  
Busca visual 98, 99, 100, 101, 102, 107, 110

### C

Carteira estudantil 1  
Celular 87, 88, 90, 91, 96, 179  
Centrais de dados 49, 50, 54, 62  
Coeficiente de impacto 125, 130, 138  
Condicionamento de Ar 16  
Custos 30, 31, 32, 36, 37

### D

Design constructal 16, 18, 19, 28  
Desvio funcional 76  
Difuso 169

### E

Efeitos dinâmicos 125, 126, 127, 130, 136, 137  
Energias renováveis 16  
Ensino 2, 34, 38, 63, 64, 74, 87, 88, 90, 93, 94, 95, 96, 97, 148, 149, 156  
Espectroscopia 112, 114, 115, 116, 118, 121, 122  
Etilômetro 112, 113, 114, 116  
Exercícios de programação 148, 156  
Expressão gênica 169, 171, 174

## **G**

Gestão pública 76, 85

## **I**

Infravermelho 112, 114, 115, 116, 117, 118, 121

## **J**

Java 53, 148, 149, 150, 151, 156

## **L**

LIWC 140, 143, 144, 146

## **M**

Materiais compósitos 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47

Mineração de textos 158, 166, 167

Mobile learning 87, 88, 89, 91, 93, 95, 96, 97

Modelagem computacional 16, 40, 42, 125, 138

Modelo de estilo de aprendizagem 63, 65, 69

Modelos de cargas móveis 125

Multivariado 169, 172, 176, 178

## **P**

Pontes rodoviárias 125, 126, 138, 139

Processamento de linguagem natural 140, 159

Processo ensino-aprendizagem 63

## **R**

Recomendação 63, 64, 67, 70, 71, 72, 73

Recurso educacional aberto 63, 64

Recursos humanos 76, 79, 86

Redes 7, 30, 31, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 81, 97, 158, 161, 167

Redes neurais sem peso 158

Robótica 98, 99, 100, 101, 110

## **S**

Simulação 5, 13, 14, 40, 41, 43, 49, 50, 52, 54, 57, 58, 60, 61, 62, 68, 102

Simulação numérica 40, 41, 43

Sistemas de informação 76, 77, 79, 80, 86, 182

## **T**

Tecnologia 1, 30, 32, 33, 34, 38, 39, 63, 90, 97, 112, 176, 182

Telefonia 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39

Transporte público 1, 2, 3, 5, 6, 7, 15

Trocadores de Calor Solo-Ar (TCSA) 16, 17

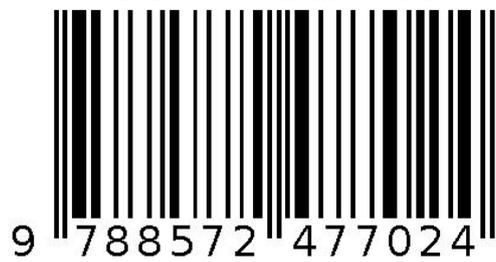
## **V**

VoIP 30, 32, 33, 34, 38, 39

## **W**

Whatsapp 87, 91, 96, 97

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-702-4



9 788572 477024