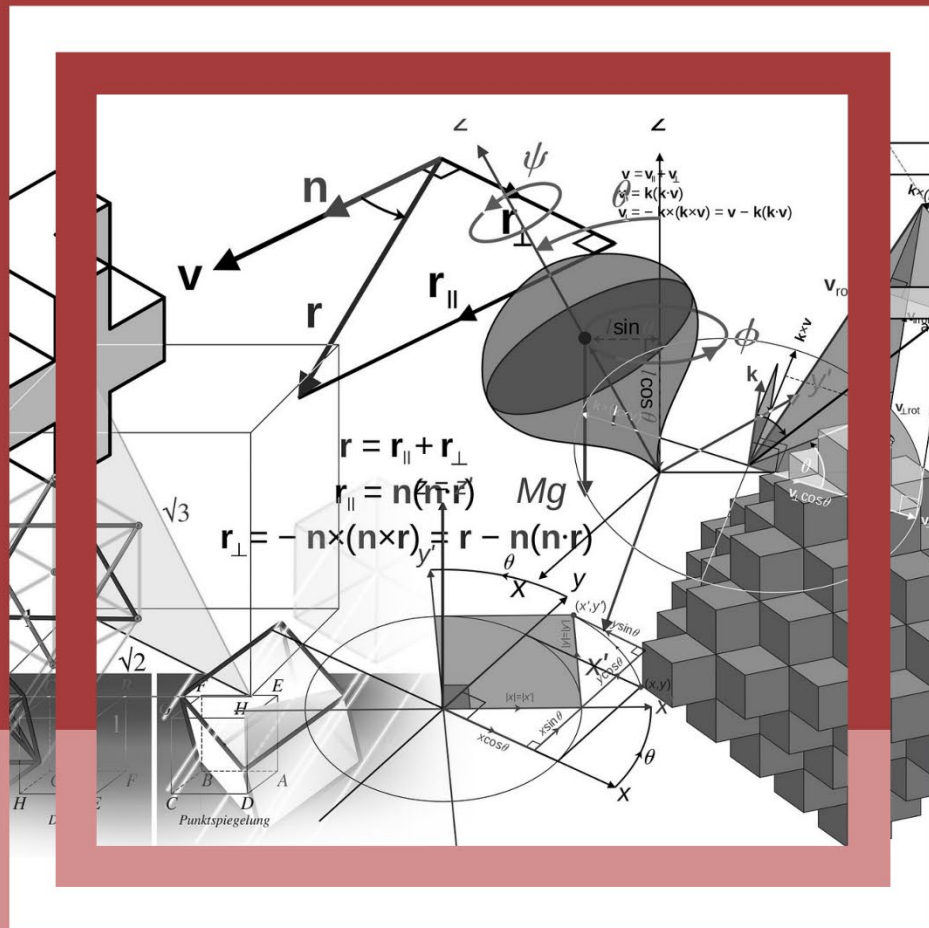


Milson dos Santos Barbosa
Rafael Leal da Silva
Roger Goulart Mello
Organizadores



Práticas e pesquisas aplicadas em

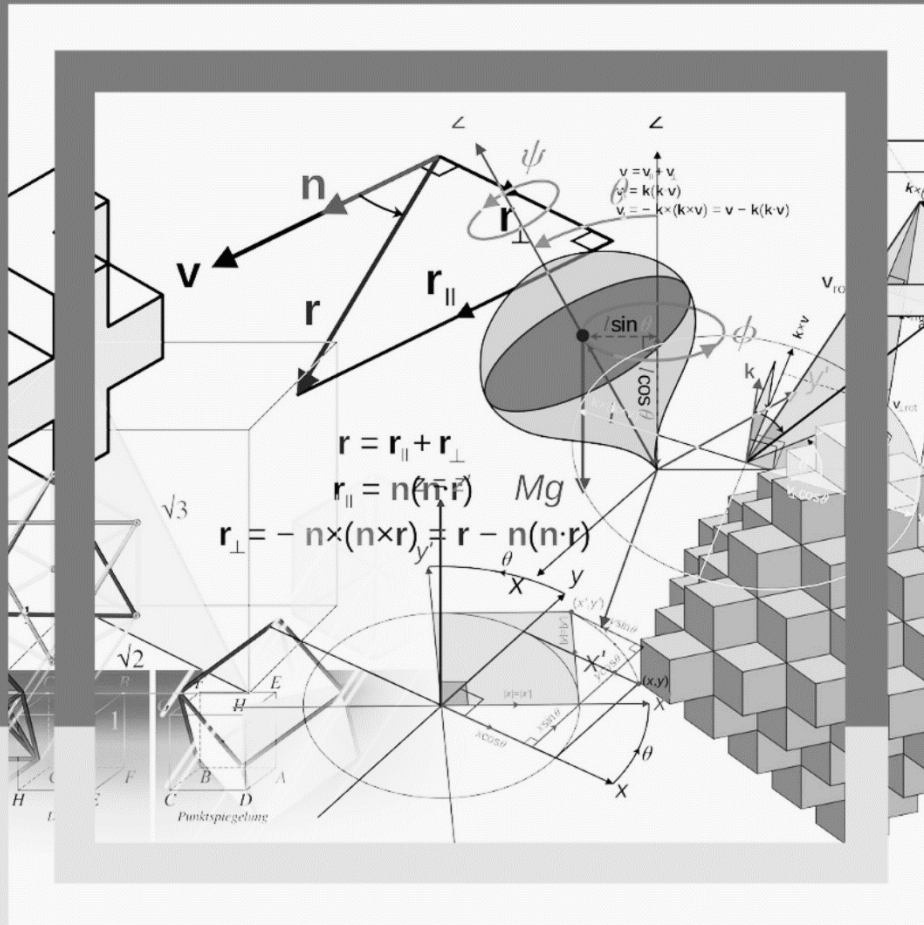
Ciências exatas



2023

2

Milson dos Santos Barbosa
Rafael Leal da Silva
Roger Goulart Mello
Organizadores



Práticas e pesquisas aplicadas em

Ciências exatas



2023

2

Editora Chefe

Patrícia Gonçalves de Freitas

Editor

Roger Goulart Mello

Diagramação

Lidiane Bilchez Jordão

Dandara Goulart Mello

Patrícia Gonçalves de Freitas

Roger Goulart Mello

Projeto gráfico e edição de arte

Patrícia Gonçalves de Freitas

2023 by Editora e-Publicar

Copyright © Editora e-Publicar

Copyright do Texto © 2023 Os autores

Copyright da Edição © 2023 Editora e-Publicar

Direitos para esta edição cedidos à Editora e-Publicar
pelos autores**Revisão**

Os Autores

Open access publication by Editora e-Publicar**PRÁTICAS E PESQUISAS APLICADAS EM CIÊNCIAS EXATAS, VOL. 2.**

Todo o conteúdo dos capítulos desta obra, dados, informações e correções são de responsabilidade exclusiva dos autores. O download e compartilhamento da obra são permitidos desde que os créditos sejam devidamente atribuídos aos autores. É vedada a realização de alterações na obra, assim como sua utilização para fins comerciais.

A Editora e-Publicar não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Conselho Editorial

Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade Federal de Santa Catarina

Alessandra Dale Giacomini Terra – Universidade Federal Fluminense

Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Andrelize Schabo Ferreira de Assis – Universidade Federal de Rondônia

Bianca Gabriely Ferreira Silva – Universidade Federal de Pernambuco

**2023**

Cristiana Barcelos da Silva – Universidade do Estado de Minas Gerais
Cristiane Elisa Ribas Batista – Universidade Federal de Santa Catarina
Daniel Ordane da Costa Vale – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Danyelle Andrade Mota – Universidade Tiradentes
Dayanne Tomaz Casimiro da Silva - Universidade Federal de Pernambuco
Deivid Alex dos Santos - Universidade Estadual de Londrina
Diogo Luiz Lima Augusto – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
Edilene Dias Santos - Universidade Federal de Campina Grande
Edwaldo Costa – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
Elis Regina Barbosa Angelo – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
Érica de Melo Azevedo - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro
Ernane Rosa Martins - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Fábio Pereira Cerdera – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Francisco Oricelio da Silva Brindeiro – Universidade Estadual do Ceará
Glaucio Martins da Silva Bandeira – Universidade Federal Fluminense
Helio Fernando Lobo Nogueira da Gama - Universidade Estadual De Santa Cruz
Inaldo Kley do Nascimento Moraes – Universidade CEUMA
Jaisa Klauss - Instituto de Ensino Superior e Formação Avançada de Vitória
Jesus Rodrigues Lemos - Universidade Federal do Delta do Parnaíba
João Paulo Hergesel - Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Jose Henrique de Lacerda Furtado – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Jordany Gomes da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Jucilene Oliveira de Sousa – Universidade Estadual de Campinas
Luana Lima Guimarães – Universidade Federal do Ceará
Luma Mirely de Souza Brandão – Universidade Tiradentes
Marcos Pereira dos Santos - Faculdade Eugênio Gomes



2023

Mateus Dias Antunes – Universidade de São Paulo

Milson dos Santos Barbosa – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
- IFPB

Naiola Paiva de Miranda - Universidade Federal do Ceará

Rafael Leal da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Rodrigo Lema Del Rio Martins - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Willian Douglas Guilherme - Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P912

Práticas e pesquisas aplicadas em ciências exatas - Volume 2 /
Organizadores Milson dos Santos Barbosa, Rafael Leal da Silva, Roger
Goulart Mello. – Rio de Janeiro: e-Publicar, 2023.

Livro em Adobe PDF
ISBN 978-65-5364-168-6
Inclui Bibliografia

1. Ciências exatas. 2. Pesquisa. 3. Tecnologia. I. Barbosa, Milson dos
Santos (Organizador). II. Silva, Rafael Leal da (Organizador). III. Mello,
Roger Goulart (Organizador). IV. Título.

CDD 509

Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Editora e-Publicar

Rio de Janeiro, Brasil

contato@editorapublicar.com.br

www.editorapublicar.com.br



2023

Apresentação

É com grande satisfação que a Editora e-Publicar apresenta a obra intitulada “Práticas e pesquisas aplicadas em ciências exatas, Vol. 2”. Neste livro engajados contribuíram com suas pesquisas. Esta obra é composta por capítulos que abordam múltiplos temas da área.

Desejamos a todos uma excelente leitura!

Editora e-Publicar

Sumário

CAPÍTULO 1	10
INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO NA SUSCEPTIBILIDADE DA MASSA ESPECÍFICA DE SOLUÇÕES AQUOSAS DE CLORETO DE SÓDIO À VARIAÇÃO DE TEMPERATURA	10

César Augusto Canciam

CAPÍTULO 2	20
RELAÇÃO DE COERÊNCIA E FASE ENTRE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO EM MACEIÓ E VARIABILIDADE CLIMÁTICA GLOBAL	20

DOI 10.47402/ed.ep.c202321592686

Djane Fonseca da Silva
Iara Bezerra da Silva Cavalcante
Henrique Ravi Rocha de Carvalho Almeida
Pedro Fernandes de Souza Neto
Josicleda Domiciano Galvínio

CAPÍTULO 3	39
FUNCIONALIDADES PANORÂMICAS DOS TIPOS DE RECICLAGEM EM RODOVIAS DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.....	39

DOI 10.47402/ed.ep.c202321603686

Jéssica Wanderley Souza do Nascimento
Allefy Teles Sampaio
Ana Dayse Costa da Silva
Sabiana Gilsane Mühlen dos Santos
Tallita de Matos da Rocha
Mariana Ferreira Umbelino

CAPÍTULO 4	55
ANÁLISE DA CINÉTICA DE SECAGEM DO FRUTO MELÃO DE SÃO CAETANO (<i>MOMORDICA CHARANTIA L.</i>)	55

DOI 10.47402/ed.ep.c202321614686

Luan Gustavo dos Santos
Alessandra Telis dos Santos
Edmur Gustavo Cabral Scatena
Janaina Dos Reis Bondezan
Karla Fernanda Felette
Tuliana Lorraine Custódio Machado
Raquel Manozzo Galante
Leandro Osmar Werle

CAPÍTULO 5	63
DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CINÉTICOS DA SECAGEM DE RIZOMAS DE AÇAFRÃO (<i>CURCUMA LONGA L.</i>).....	63

DOI 10.47402/ed.ep.c202321625686

Ianca Dalila Arguelho Bado
Martinha Oliveira Barros
Nayane Tinno Fonteles
Leandro Osmar Werle
Raquel Manozzo Galante

CAPÍTULO 6 75
CARACTERIZAÇÃO DE POLÍMEROS POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR:
UMA REVISÃO DA LITERATURA 75

DOI 10.47402/ed.ep.c202321636686

Michelle Félix de Andrade
Viviane Fonseca Caetano
Ivo Diego de Lima Silva
Lhaira Souza Barreto
Mariana Alves Henrique
Grazielle R. de Cerqueira
Glória Maria Vinhas
Yêda Medeiros Bastos de Almeida

CAPÍTULO 7 93
EXTRAÇÃO SELETIVA DE AMINOÁCIDOS UTILIZANDO SISTEMAS AQUOSOS
BIFÁSICOS FORMADOS POR ALCOÓIS E FOSFATO DE POTÁSSIO. 93

DOI 10.47402/ed.ep.c202321647686

Samuel Bruno dos Santos

CAPÍTULO 8 109
TEORES FENÓLICOS TOTAIS DOS EXTRATOS VEGETAIS DAS FOLHAS E CASCAS
DO TRONCO DA ESPÉCIE *Mangífera indica* Linnaeus 109

DOI 10.47402/ed.ep.c202321658686

Danielle Andreia Pereira Cozzani Campos
Jeovana Thaynara Oliveira Martins
Paloma Sampaio da Costa
Márcia Cristine Santos Macedo
Thiago Yuri Freire Ferreira
Thiago de Moraes Chaves
Alamgir Khan
Raquel Maria Trindade Fernandes

CAPÍTULO 9 121
ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE
CONHECIMENTO BASEADO NA METODOLOGIA COMMONKADS: UM ESTUDO DE
CASO 121

Jefferson de Oliveira Chaves
José Leomar Todesco

CAPÍTULO 10 138
EGCFLOW: UMA APLICAÇÃO DE APOIO AO CICLO DE VIDA DE DADOS ABERTOS
CONECTADOS 138

Jefferson de Oliveira Chaves
José Leomar Todesco

CAPÍTULO 11 151
PROPOSTA DE UMA ONTOLOGIA PARA O SISTEMA ELEITORAL BRASILEIRO .. 151

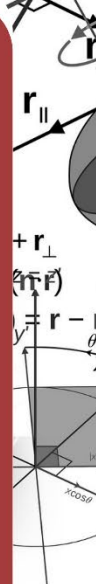
Jefferson de Oliveira Chaves
José Leomar Todesco

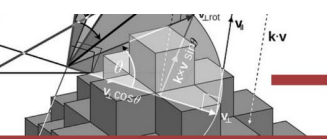
CAPÍTULO 12 159
ACESSIBILIDADE E IDENTIDADE DIGITAL:UM ESTUDO DE CASO ACERCA DA
ADEQUAÇÃO DO PORTAL INSTITUCIONAL DO INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA CATARINENSE 159

Jefferson de Oliveira Chaves
Ivo Marcos Riegel
Marcio Marcelo Piffer
Erick Gomes Hostin
Jeliel Braz
Yuri Hattenhauer Salvador

CAPÍTULO 13 169
PRÁTICAS PARA PUBLICAÇÃO DE DADOS CONECTADOS: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA 169

Jefferson de Oliveira Chaves
José Leomar Todesco





CAPÍTULO 1

INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO NA SUSCEPTIBILIDADE DA MASSA ESPECÍFICA DE SOLUÇÕES AQUOSAS DE CLORETO DE SÓDIO À VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

César Augusto Canciam

RESUMO

A energia de ativação é um parâmetro que pode ser relacionado com a susceptibilidade à variação de temperatura, de maneira que, materiais que apresentam baixos valores da energia de ativação são considerados menos susceptíveis à variação da temperatura. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da concentração na susceptibilidade da massa específica de soluções aquosas de cloreto de sódio à variação da temperatura. Utilizando uma equação do tipo Arrhenius e a análise de regressão linear simples de dados experimentais da massa específica em função da temperatura, os valores encontrados para a energia de ativação variaram entre 413,006 e 435,820 $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$. Os resultados sugerem que com o aumento da concentração de cloreto de sódio houve um aumento na energia de ativação, indicando que as massas específicas das soluções mais concentradas são mais susceptíveis à variação da temperatura.

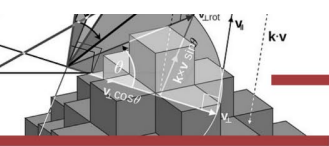
PALAVRAS-CHAVE: Massa específica. Concentração. Soluções. Sal.

1. INTRODUÇÃO

A massa específica, a capacidade calorífica, a difusividade térmica, a viscosidade e a condutividade térmica são consideradas propriedades termofísicas dos materiais. O conhecimento dessas propriedades é importante em muitas aplicações nas áreas da Ciência e da Engenharia, em particular, nos cálculos relacionados aos balanços de energia e ao equilíbrio químico (Termodinâmica), na Mecânica dos Fluidos e nas transferências de calor e de massa subjacentes às Operações Unitárias (MATOS, 1998; MAGERRAMOV *et al.*, 2008).

Cavalcante (2010) comenta que dados da massa específica são importantes nos projetos de reatores, de unidades de destilação, de tanques de estocagem e de instalações de bombeamento. Dados sobre a massa específica são necessários no projeto e na avaliação de equipamentos como evaporadores, bombas, filtros e misturadores, além de servir como índice de qualidade para o produto final (ALVARADO; ROMERO, 1989, p. 15, *apud* CANCIAM, 2022; ARAÚJO, 2008). Almeida *et al.* (2011) comentam que a determinação da massa específica nas indústrias permite verificar se houve adulteração nos produtos.

Em materiais na fase líquida, a massa específica reflete o grau de empacotamento de suas espécies químicas, sendo decorrente da intensidade das interações entre elas. Uma vez que volume e massa específica são grandezas inversamente proporcionais, quanto mais fortes forem



as interações, mais empacotadas estão as espécies químicas. Dessa forma, o volume será menor e por consequência, a massa específica será maior (CHANG; COLLEGE, 2002).

A influência da temperatura sobre uma grandeza pode ser modelada matematicamente e avaliada por uma equação do tipo Arrhenius. A Equação (1) corresponde a uma equação do tipo Arrhenius que relaciona a massa específica (ρ) com a temperatura absoluta (T). Nessa equação pode ser observada uma diminuição exponencial da massa específica com o aumento da temperatura absoluta (TSEN; KING, 2002; GIAP, 2010).

$$\rho = \rho_{\infty} \cdot e^{\left(\frac{E_a}{R \cdot T}\right)} \quad (1)$$

Em que ρ_{∞} corresponde à massa específica quando a temperatura absoluta tende ao infinito, E_a corresponde à energia de ativação, R , à constante universal dos gases ideais e e , ao número de Euler.

Na determinação dos valores da energia de ativação e da massa específica quando a temperatura absoluta tende ao infinito pode ser aplicado o método de linearização de curvas proposto por Freund (2004). Assim, a Equação (1) pode ser reescrita na forma de:

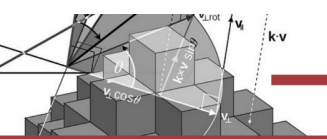
$$\ln \rho = \ln \rho_{\infty} + \left(\frac{E_a}{R}\right) \cdot \frac{1}{T} \quad (2)$$

A partir da Equação (2), uma análise de regressão linear simples de dados do logaritmo neperiano da massa específica em função do inverso da temperatura absoluta fornece como coeficiente linear o valor do logaritmo neperiano da massa específica quando a temperatura absoluta tende ao infinito. Enquanto que o coeficiente angular corresponde à razão entre a energia de ativação e a constante universal dos gases ideais (CANCIAM; REIS; REIS, 2016).

A energia de ativação é um parâmetro que pode ser relacionado com a susceptibilidade (propensão) de uma grandeza à variação de temperatura. Dessa forma, valores da energia de ativação mais baixos implicam que a massa específica é menos susceptível (propensa) à variação de temperatura (CANCIAM, 2014a).

Canciam (2022) determinou que existe uma correlação entre o coeficiente de expansão térmica e a energia de ativação da massa específica. Nessa modelagem, quanto menor for o valor da energia de ativação, menor é o valor do coeficiente de expansão térmica.

Considerado como uma propriedade térmica dos materiais, o coeficiente de expansão térmica está relacionado à resposta dos materiais à variação de temperatura (CALLISTER JUNIOR; RETHWISCH, 2016). Em geral, quando um material é aquecido, suas dimensões



aumentam. Esse processo de dilatação ocorre devido ao aumento do grau de agitação das espécies químicas que compõem o material. Com o aquecimento, as espécies químicas ficam mais agitadas e tendem a se afastar. Esse maior espaçamento entre as espécies químicas se manifesta pelo aumento das dimensões do material (CHANG; COLLEGE, 2002; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

Soluções aquosas de cloreto de sódio são empregadas na produção de soda cáustica e dos gases cloro e hidrogênio (processo de eletrólise); em ambientes hospitalares, farmácias e residências como soro fisiológico; como descongestionante da mucosa nasal e na conservação de alimentos (RATTI *et al.*, 2011; MELLO JÚNIOR *et al.*, 2013; ROCHA *et al.*, 2015; JULIÃO; GONDIM NETO; AMARAL, 2019).

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da concentração do cloreto de sódio na susceptibilidade da massa específica de soluções aquosas desse soluto à variação de temperatura. Para tanto, foi realizada uma análise de regressão linear simples de dados experimentais da massa específica de soluções aquosas de cloreto de sódio com diferentes concentrações de soluto.

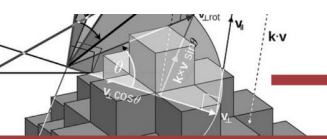
2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os valores da massa específica (em kg.m^{-3}) das soluções aquosas de cloreto de sódio em função da temperatura absoluta e da concentração de cloreto de sódio estão relacionados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores da massa específica das soluções aquosas de cloreto de sódio em função da temperatura absoluta e da concentração.

Temperatura (K)	2 % (massa/massa)	4 % (massa/massa)	10 % (massa/massa)	16 % (massa/massa)	22 % (massa/massa)
283,15	1014,42	1029,20	1074,19	1120,56	1168,91
293,15	1012,46	1026,80	1070,68	1116,21	1163,95
298,15	1011,12	1025,30	1068,79	1114,01	1161,40
303,15	1009,57	1023,61	1066,76	1111,71	1158,83
313,15	1005,93	1019,77	1062,38	1106,88	1153,58
323,15	1001,61	1015,31	1057,53	1101,70	1148,12
333,15	996,70	1010,30	1052,30	1096,20	1142,50
353,15	985,20	998,80	1040,50	1084,20	1130,30
373,15	971,90	985,50	1027,60	1071,30	1117,20

Fonte: Simion (*et al.*, 2015, p. 43).



As Equações (3), (4) e (5) fazem parte da análise de regressão linear simples dos dados de $\ln \rho$ e $\frac{1}{T}$. Essas equações foram obtidas do trabalho de Canciam (2022). O termo r^2 corresponde ao coeficiente de determinação.

$$\frac{E_a}{R} = \frac{\left\{ n \cdot \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{T_i} \right) \cdot \ln \rho_i \right] - \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{T_i} \right) \right] \cdot \left[\sum_{i=1}^n \ln \rho_i \right] \right\}}{\left\{ n \cdot \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{T_i} \right)^2 \right] - \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{T_i} \right) \right]^2 \right\}} \quad (3)$$

$$\ln \rho_\infty = \frac{\left\{ \left(\sum_{i=1}^n \rho_i \right) - \left[\left(\frac{E_a}{R} \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i} \right) \right] \right\}}{n} \quad (4)$$

$$r^2 = \frac{\left\{ n \cdot \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{T_i} \right) \cdot \ln \rho_i \right] - \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{T_i} \right) \right] \cdot \left[\sum_{i=1}^n \ln \rho_i \right] \right\}^2}{\left\{ n \cdot \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{T_i} \right)^2 \right] - \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{T_i} \right) \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \cdot \left\{ \left[n \cdot \sum_{i=1}^n (\ln \rho_i)^2 \right] - \left(\sum_{i=1}^n \ln \rho_i \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}} \quad (5)$$

Com base na Tabela 1, o valor de n corresponde ao número de dados emparelhados, ou seja, igual a 9. Com o propósito de classificar a correlação existente entre os dados de $\ln \rho$ e $\frac{1}{T}$, foi adotada a escala de valores do módulo do coeficiente de determinação, indicada na Tabela 2.

Tabela 2: Classificação e escala de valores do módulo do coeficiente de determinação.

Intervalo do módulo do coeficiente de determinação	Classificação da correlação
0 – 0,19	Bem fraca
0,20 – 0,39	Fraca
0,40 – 0,69	Moderada
0,70 – 0,89	Forte
0,90 – 1,0	Muito forte

Fonte: Santos e Pinto (p. 159, 2018).

Nos cálculos, o valor considerado para a constante universal dos gases ideais (R) foi de $8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ (SMITH *et al.*, 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos por meio das Equações (3), (4) e (5) estão indicados na Tabela 3.

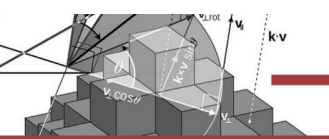


Tabela 3: Resultados obtidos a partir da análise de regressão linear simples.

Concentração de cloreto de sódio (% massa/massa)	$\frac{E_a}{R}$ (K)	$\ln \rho_\infty$	r^2
2	49,676	6,752	0,969
4	50,272	6,764	0,973
10	51,436	6,802	0,983
16	52,137	6,841	0,987
22	52,420	6,882	0,991

Fonte: Autoria própria (2023).

Pode-se observar na Tabela 3 que o coeficiente de determinação (r^2) é positivo para todas as concentrações de cloreto de sódio estudadas, isto é, indica que houve um aumento de $\ln \rho$ com o aumento do inverso da temperatura absoluta ($\frac{1}{T}$). Este mesmo aumento foi observado nos trabalhos de Canciam (2014a), Canciam (2015) e de Canciam, Reis e Reis (2017). No trabalho de Canciam (2014a) foi estudada a influência da temperatura nas massas específicas de ésteres metílicos de ácidos graxos. No trabalho de Canciam (2015) foi estudada a influência da temperatura e do teor de gordura nas massas específicas do leite de coco. O efeito da temperatura na massa específica do sebo derretido foi estudado no trabalho de Canciam, Reis e Reis (2017).

Com base na Tabela 2, os valores do coeficiente de determinação encontram-se entre 0,90 e 1,0 sugerindo que a correlação entre dados de $\ln \rho$ e $\frac{1}{T}$ é muito forte para todas as concentrações de cloreto de sódio estudadas.

Santos e Pinto (2018) salientam que no estudo do relacionamento entre duas variáveis, a classificação da correlação é de importância para seu entendimento. O coeficiente de determinação mede a interdependência linear entre as variáveis e avalia a qualidade do ajuste. Dessa forma, quanto mais próximo da unidade for o valor do coeficiente de determinação, melhor o ajuste da reta em relação aos dados da dispersão. Por exemplo, se o coeficiente de determinação obtido for de 0,98, isto corresponde que 98 % da variância dos dados podem ser explicados pelo modelo, enquanto que os outros 2 %, teoricamente, correspondem a uma variância residual (TRIOLA, 2015).

Os valores da energia de ativação (E_a) e da massa específica quando a temperatura absoluta tende ao infinito (ρ_∞) estão indicados na Tabela 4.

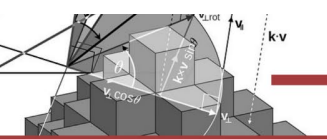


Tabela 4: Valores da energia de ativação e da massa específica quando a temperatura absoluta tende ao infinito.

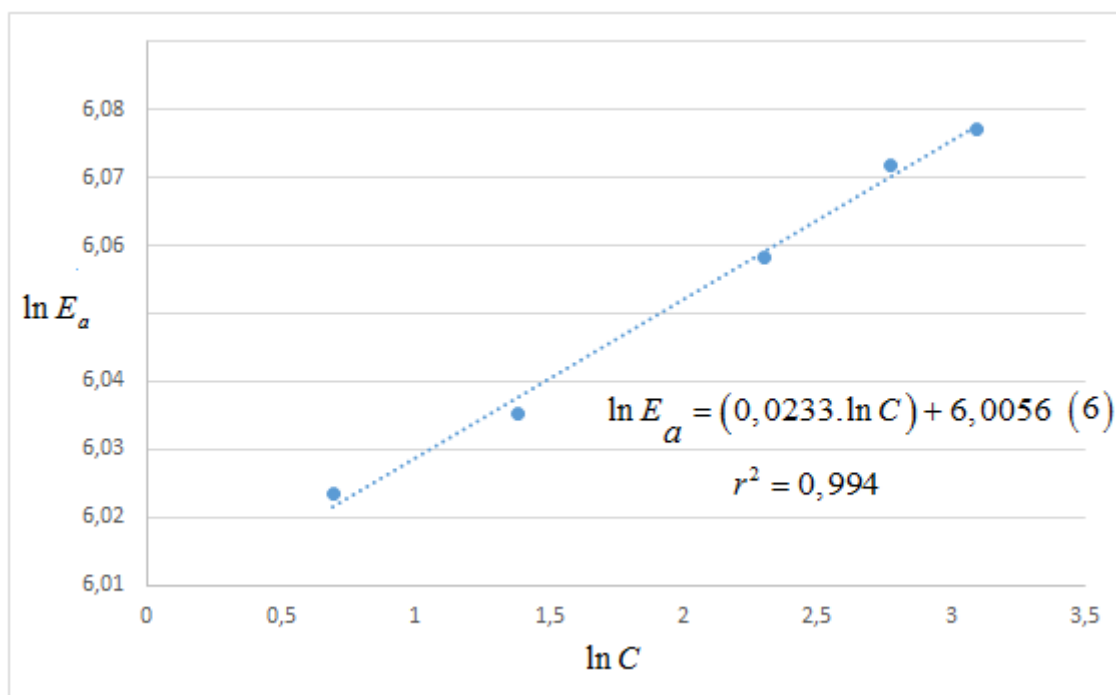
Concentração de cloreto de sódio (% massa/massa)	E_a (J.mol ⁻¹)	ρ_∞ (kg.m ⁻³)
2	413,006	855,769
4	417,961	866,100
10	427,639	899,645
16	433,467	935,424
22	435,820	974,574

Fonte: Autoria própria (2023).

Pode-se observar na Tabela 4 que com o aumento da concentração de cloreto de sódio nas soluções aquosas, a energia de ativação e a massa específica quando a temperatura absoluta tende ao infinito também aumentam.

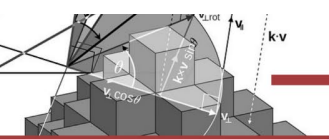
O gráfico do logaritmo neperiano da energia de ativação em função do logaritmo neperiano da concentração de cloreto de sódio (C) está ilustrado no Gráfico 1. Pode-se observar nesse gráfico que existe uma correlação linear positiva entre $\ln E_a$ e $\ln C$, indicando que uma variável tende a aumentar quando a outra aumenta, ou seja, são diretamente proporcionais. Com base na Tabela 2, o coeficiente de determinação indicado no Gráfico 1 sugere uma correlação entre $\ln E_a$ e $\ln C$ classificada como muito forte.

Gráfico 1: Logaritmo neperiano da Energia de ativação em função do logaritmo neperiano da concentração de cloreto de sódio.



Fonte: Autoria própria (2023).

A Equação (6) indicada no Gráfico 1 pode ser reescrita na forma de:



$$E_a = 405,6943.C^{0,0233} \quad (7)$$

Em uma pesquisa na literatura, não foram encontrados trabalhos que estudam a influência da concentração na susceptibilidade da massa específica de soluções aquosas de cloreto de sódio à variação da temperatura.

Canciam (2014b) estudou a susceptibilidade da massa específica de soluções aquosas de fenilhidrazina à variação de temperatura considerando nove frações molares (de 0,10 a 0,90). Os resultados desse trabalho sugeriram que para frações molares entre 0,10 e 0,50 houve um aumento da energia de ativação (valores variando entre 301,72 a 656,47 J.mol⁻¹). Para frações molares entre 0,50 e 0,90 foi observada uma diminuição da energia de ativação (valores variando de 656,47 a 528,77 J.mol⁻¹).

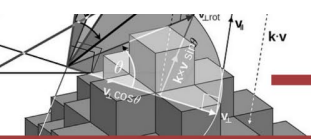
Canciam (2015) estudou a susceptibilidade da massa específica do leite de coco à variação de temperatura considerando quatro teores de gordura (20, 25, 30 e 35 %). Foi observado que no intervalo de 20 a 30 % de gordura houve um aumento da energia de ativação (valores variando de 463,9528 a 467,7257 J.mol⁻¹). Para um teor de gordura de 35 %, o valor da energia de ativação foi próximo ao valor encontrado para o teor de 25 % de gordura.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de verificar a influência da concentração na susceptibilidade da massa específica de soluções aquosas de cloreto de sódio à variação da temperatura, os resultados sugerem que com o aumento da concentração de cloreto de sódio foi observado um aumento na energia de ativação (valores variando de 413,006 a 435,820 J.mol⁻¹).

Dessa forma, os resultados indicam que as massas específicas das soluções mais concentradas de cloreto de sódio são mais susceptíveis à variação de temperatura, considerando um intervalo de concentração entre 2 e 22 % massa/massa.

Em uma pesquisa na literatura, não foram encontrados trabalhos que estudam a influência da concentração na susceptibilidade da massa específica de soluções aquosas de cloreto de sódio à variação da temperatura, o que dificultou a comparação dos resultados.



REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. K. P. *et al.* **Características físico-químicas de óleos vegetais utilizados para produção de biodiesel com metodologias alternativas simples.** *In:* Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 31, 2011, Belo Horizonte. (Anais). Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2011. p. 1-14. Disponível em: <https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_stp_135_855_18349.pdf> Acessado em: Fev. 2023.

ARAÚJO, L. A. **Estudo das propriedades físicas, químicas e termofísicas de óleos regionais e suas misturas.** 2008. p. 127 Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - UFPA, Belém, 2008. Disponível em: <<https://ppgcta.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2008/Licia%20Araujo.pdf>>. Acessado em: Jan. 2023.

CALLISTER JUNIOR, W. D.; RETHWISH, D. G. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução.** Rio de Janeiro: Editora LTC, 2016.

CANCIAM, C. A. Efeito da temperatura na massa específica de ésteres metílicos de ácidos graxo. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 12, n. 1, jul. 2014a. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/1256/pdf_33>. Acessado em: Jan. 2023.

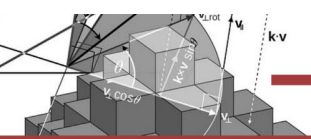
CANCIAM, C. A. Influência da temperatura na massa específica de soluções aquosas de fenilhidrazina. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 12, n. 2, dez. 2014b. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/1516/pdf_247>. Acessado em: Jan. 2023.

CANCIAM, C. A. Efeito da temperatura e do teor de gordura na massa específica do leite de coco. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 13, n. 1, jul. 2015. Disponível em: <<http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/2144>>. Acessado em: Jan. 2023.

CANCIAM, C. A. Modelagem matemática do coeficiente de expansão térmica do azeite de oliva a partir da energia de ativação da massa específica. *In:* SILVA, R. L.; BARBOSA, M. S.; MELLO, R. G. (Org.). **Pesquisas multidisciplinares em Ciências Exatas 3.** Rio de Janeiro: Editora e-Publicar, 2022, p. 13-25. Disponível em: <<https://www.editorapublicar.com.br/pesquisas-multidisciplinares-em-ciencias-exatas-volume-3>>. Acessado em: Fev. 2023.

CANCIAM, C. A.; REIS, F. S. M.; REIS, C. S. M. **Efeito da temperatura sobre a massa específica do óleo de cenoura.** *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, Três Corações, v. 14, n. 2, dez. 2016. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/2929/pdf_544> Acessado em: Fev. 2023.

CANCIAM, C. A.; REIS, F. S. M.; REIS, C. S. M. **Susceptibilidade da massa específica do sebo derretido à variação de temperatura.** *RETEC - Revista de Tecnologias, Ourinhos*, v. 10, n. 3, jul. 2017. Disponível em:



<<https://www.fatecourinhos.edu.br/retec/index.php/retec/article/view/276#:~:text=Os%20resultados%20sugerem%20que%20a,biodiesel%20met%C3%ADlico%20de%20sebo%20bovino.>>. Acesso em: Jan. 2023.

CAVALCANTE, R. M. **Predição da densidade de biodiesel proveniente de diferentes matérias-primas**. 2010. p. 80 Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – UFRJ, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://epqb.eq.ufrj.br/download/predicao-da-densidade-de-biodiesel.pdf>>. Acessado em: Fev. 2023.

CHANG, R.; COLLEGE, W. **Química**. Cidade do México: McGraw-Hill, 2002.

FREUND, J. E. **Estatística aplicada – Economia, Administração e Contabilidade**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

GIAP, S. G. E. The hidden property of Arrhenius-type relationship: viscosity as a function of temperature. **Journal of Physical Science**, Malásia, v. 2, n. 1, Disponível em: <http://web.usm.my/jps/21-1-10/16753402_21.1.3.pdf>. Acessado em: Fev. 2023.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012.

JULIÃO, M. S. S.; GONDIM NETO, L.; AMARAL, R. Q. G. **Conservas em salmouras ou ácidas de vegetais tipicamente brasileiros: Revisão da literatura**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, São Paulo, v. 9, n. 10, out. 2019. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/gastronomia/conservas-em-salmouras>>. Acessado em: Fev. 2023.

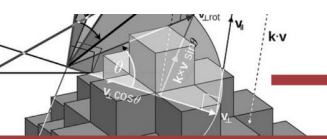
MAGERRAMOV, M. A. *et al.* **Pressure- and temperature-dependent density change of juices during concentration**. Food and Bioprocess Technology, Suíça, n. 1, set. 2008. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-007-0022-1>>. Acessado em: Jan. 2023.

MATOS, M. A. A. Propriedades termofísicas da água e vapor saturados. *In*: MATOS, M. A. A. (Org.). **Introdução**. Aveiro: Editora da Universidade de Aveiro, 1998, p. 3. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/15567704.pdf>>. Acessado em: Fev. 2023.

MELLO JÚNIOR, J. F. *et al.* **Brazilian Academy of Rhinology position paper on topical intranasal therapy**. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology, São Paulo, v. 79, n. 3, jun. 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bjorl/a/ddNMcgKJKPmsWdKj9stLnNc/?lang=pt&format=pdf>>. Acessado em: Jan. 2023.

RATTI, B. A. *et al.* **Soro fisiológico: potencial risco de perda da estabilidade após aberto e armazenado por trinta dias em diferentes meios**. *In*: Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar, 7, 2011, Maringá. (Anais). Maringá: Editora CESUMAR, 2011. p. 1-4. Disponível em: <[http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/bianca_altrao_ratti%20\(2\).pdf](http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/bianca_altrao_ratti%20(2).pdf)>. Acessado em: Fev. 2023.

ROCHA, A. C. C. *et al.* **Eletrólise de salmoura utilizando jato de plasma**. *In*: Congresso Brasileiro de Química, 55, 2015, Goiânia. (Anais). Goiânia: ABQ, 2015. p. 1-5. Disponível em:



<<http://www.abq.org.br/cbq/2015/trabalhos/13/8197-21583.html#:~:text=O%20m%C3%A9todo%20de%20eletr%C3%B3lise%20com,para%20maiores%20tempos%20de%20eletr%C3%B3lise.>> Acessado em: Fev. 2023.

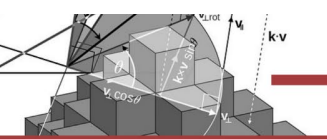
SANTOS, A. C. S.; PINTO, R. L. M. **Aplicação da análise de correlação e regressão linear simples no setor sucroenergético brasileiro.** *Exacta*, São Paulo, v. 16, n. 2, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/7369/3782>>. Acessado em: Fev. 2023.

SIMION, A. I. *et al.* **Mathematical modelling of density and viscosity of NaCl aqueous solutions.** *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, Timisoara, v. 21, n. 1, jan. 2015. Disponível em: <[https://www.journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/58458L8_Vol_21\(1\)_2015_41_52.pdf](https://www.journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/58458L8_Vol_21(1)_2015_41_52.pdf)>. Acessado em: Fev. 2023.

SMITH, J. M. *et al.* **Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics.** New York: McGraw Hill Education, 2018.

TRIOLA, M. F. **Essentials of Statistics.** Boston: Editora Pearson, 2015.

TSEN, J. H.; KING, V. A. E. **Density of banana puree as a function of soluble solids concentration and temperature.** *Journal of Food Engineering*, Holanda, v. 55, n. 4, abr. 2002. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026087740200105X?via%3Dihub>> Acesso em: Jan. 2023.



CAPÍTULO 2

RELAÇÃO DE COERÊNCIA E FASE ENTRE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO EM MACEIÓ E VARIABILIDADE CLIMÁTICA GLOBAL¹

Djane Fonseca da Silva
Iara Bezerra da Silva Cavalcante
Henrique Ravi Rocha de Carvalho Almeida
Pedro Fernandes de Souza Neto
Josicleda Domiciano Galvêncio

RESUMO

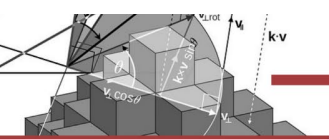
Há uma crescente urgência de estudo sobre eventos extremos de precipitação, diante o aumento de ocorrência e intensidade destes, visto que há a vulnerabilidade da população em áreas de risco, exigindo assim, uma governança ambiental dos riscos dos desastres naturais que proporcione o desenvolvimento da capacidade de adaptação das sociedades modernas. Maceió obteve em 2022, altos valores de precipitação em decorrência da variabilidade das temperaturas e fenômenos climáticos nos Oceanos Pacífico (La Niña) e Atlântico (Atlântico Sul aquecido), gerando grandes transtornos na cidade e em outras cidades do estado. O objetivo desse trabalho é primeiramente identificar as escalas temporais atuantes sobre a precipitação de Maceió, e com essas escalas associá-las a fenômenos climáticos globais, e assim, consequentemente correlacionar o índice de precipitação de Maceió com índices de variabilidade climática dos fenômenos associados. Desse modo, através da estatística de coerência e fase, pode-se prever eventos extremos de chuva locais e trazer informações preventivas de maneira antecipada e assertiva. Foram utilizados dados mensais de precipitação pluviométrica de 1952 a 2020 que foram obtidos juntos ao Instituto Nacional de Meteorologia. Também foram calculados os dados de SPI da precipitação de Maceió para gerar as Análises de Ondaletas e Ondaletas Cruzadas, as quais fizeram correlações através das análises de coerência e fase com os índices climáticos. Através das Análises de Ondaletas, identificou-se que as escalas dominantes de ENOS e ENOS estendido, e secundárias de Manchas solares e Dipolo do Atlântico, ocasionam as maiores influências e variabilidades pluviométricas locais. A ondaleta cruzada indicou que o mínimo de SPI ocorre 9 meses após máximo da fase de El Niño, podendo assim, os gestores locais, preverem por exemplo, secas após a ocorrência de ENOS. Para a relação entre o Dipolo do Atlântico e SPI, esta estatística mostrou que o mínimo de SPI ocorre 9 meses após o máximo do Dipolo do Atlântico; desse modo, com acompanhamento das temperaturas do Oceano Atlântico, prevê-se mínimos pluviométricos e pode-se amenizar as perdas econômicas e de vidas humanas. Por fim, as Manchas Solares e SPI de Maceió apresentaram coerência, com mínimo de SPI (secas) ocorrendo 10,5 meses após o máximo das Manchas Solares. Desse modo, fica mais claro como ENOS, a variabilidade da temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico e Ciclo de Manchas solares influenciam e colaboram para a ocorrência de eventos extremos pluviométricos locais, os quais são possíveis de serem previstos estatisticamente.

PALAVRAS-CHAVE: SPI. Eventos extremos. Análise de Ondaleta. Ondaleta cruzada.

1. INTRODUÇÃO

Os impactos extremos causam preocupação sobre a qualidade de vida nos últimos anos em todo o mundo, com altos números de mortes e feridos, elevados índices de doenças, desabrigados e desalojados, além de grandes perdas econômicas e destruição do meio ambiente. A crescente preocupação associa-se às recentes evidências do incremento na frequência e

¹ Programa Fomentador: Programa de Pós-graduação em Meteorologia (PPGMET), Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).



intensidade de desastres que estão associados às variabilidades e mudanças climáticas (MARENGO, 2009; SOUZA *et al.*, 2014).

A ocorrência de desastres naturais em todo o mundo normalmente é relacionada aos eventos extremos de chuva e seca, que ocorrem simultaneamente com algumas situações como o aumento da população nos grandes centros urbanos, a busca por oportunidades de emprego, levando a ocupação de populações de baixa renda em áreas de risco, que são frequentemente associados pelos cientistas ao aquecimento global.

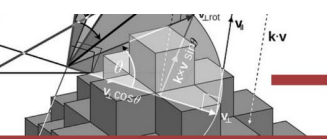
As chuvas intensas, sejam elas de elevada ou menor duração, diminuem a resistência do solo, assim, facilita a mobilidade de encostas em ambientes tropicais. Além de que, o aumento e concentração da precipitação associados com um sistema de drenagem ineficiente, usualmente por aumento excedente de carga e/ou modificações antropogênicas, desmatamentos e a construções irregulares nas calhas e terraços fluviais. Esses espaços representam, nas cidades, áreas de risco, estando sujeitas a inundações, alagamentos e deslizamentos.

Segundo Couto (2020) os municípios brasileiros podem ser afetados pelas mudanças climáticas de várias maneiras, principalmente, em áreas costeiras (como no caso da cidade de Maceió), que estão sujeitas à erosão, já que no Brasil, 56% dos desastres naturais estão associados à chuvas, enchentes e desmoronamentos, que é o resultado de um crescimento urbano não planejado, podendo incluir nos planos diretores municipais ações que minimizam os impactos causados pelos desastres climáticos.

Para Marengo (2009) a variabilidade climática e os eventos extremos (EE) causam impactos negativos na população, aumentando a mortalidade e a fragilidade nas áreas afetadas, que com a falta da adaptação, as regiões afetadas estarão mais vulneráveis aos impactos dos eventos. O Nordeste do Brasil (NEB), por exemplo, devido às mudanças climáticas aumentam drasticamente o número de pessoas vulneráveis a passar fome.

Assim, a crescente urgência diante ao aumento de ocorrência e intensidade dos EE à vulnerabilidade da população em áreas de risco, demanda avanços na gestão preventiva e, principalmente, participativa, para uma governança ambiental dos riscos dos desastres naturais que proporcione o desenvolvimento da capacidade de adaptação das sociedades modernas (JACOBI; GIATTI, 2017).

O objetivo desse trabalho é primeiramente identificar as escalas temporais atuantes sobre a precipitação de Maceió, e com essas escalas associá-las a fenômenos climáticos globais, e assim, consequentemente correlacionar o índice de precipitação de Maceió com índices de



variabilidade climática dos fenômenos associados. Desse modo, através da estatística de coerência e fase, pode-se prever eventos extremos de chuva locais e trazer informações preventivas de maneira antecipada e assertiva.

2. EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NO LESTE DO NORDESTE

Considera-se chuva extrema quando um evento ocorre entre 15% e 20% ou mais do total climatológico previsto de precipitação para uma estação do ano, ocorrendo em um período de tempo curto, como um dia, por exemplo (LIEBMANN *et al.*, 2001).

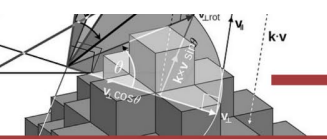
Entre os dias 17 e 19 de junho de 2010 ocorreram cheias nas Bacias do rio Mundaú e do rio Paraíba do Meio, que acarretaram, na perda de vidas humanas, devastando as edificações ribeirinhas, entre outras consequências causadas pelas vazões e alta velocidade do escoamento sendo especuladas pela mídia várias causas prováveis, como aberturas de comportas, altos volumes de precipitação e o rompimento de açudes (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Segundo Sousa *et al.* (2016) Salvador, João Pessoa e Maceió são as capitais que apresentam maiores probabilidades para ocorrência de chuva de 100 mm/dia no NEB, para o período de retorno para 50 e 100 anos, Maceió e Natal tiveram os menores valores de precipitação, sendo de abril a julho o período de maior ocorrência do evento.

Sena *et al.* (2017), em estudo similar a este, analisaram o comportamento da precipitação por décadas e a relação com EE na região do Cariri Paraibano, que resultou nas modificações dos totais anuais durante o período estudado, com maiores anomalias de precipitação anual tanto em termos médios como em escala espacial, e a variabilidade do Oceano Pacífico e Oceano Atlântico apresentaram influência nos totais pluviométricos devido sua variabilidade em escala decadal e anual.

De acordo com Rodrigues (2019) a intensidade da precipitação extrema diária esperada depende do período sazonal e do local de ocorrência, e o LNEB destacou-se como a região em que são esperadas as maiores intensidades de chuva extrema, quando estudada só a região NEB.

Leal Neto *et al.* (2019) buscaram entender a sequência histórica dos EE de precipitação, e analisar seus impactos no cotidiano de Maceió e de sua população no período de 1961 a 2018, identificaram 10 anos com EE de precipitação (1968, 1969, 1975, 1977, 2004, 2006, 2009, 2010, 2011 e 2017), alguns com apenas um mês em que foi registrado anomalia e outros com mais meses. Os 10 anos com EE apresentaram transtornos socioeconômicos para a cidade, resultando em prejuízos econômicos e com perdas de vidas humanas.



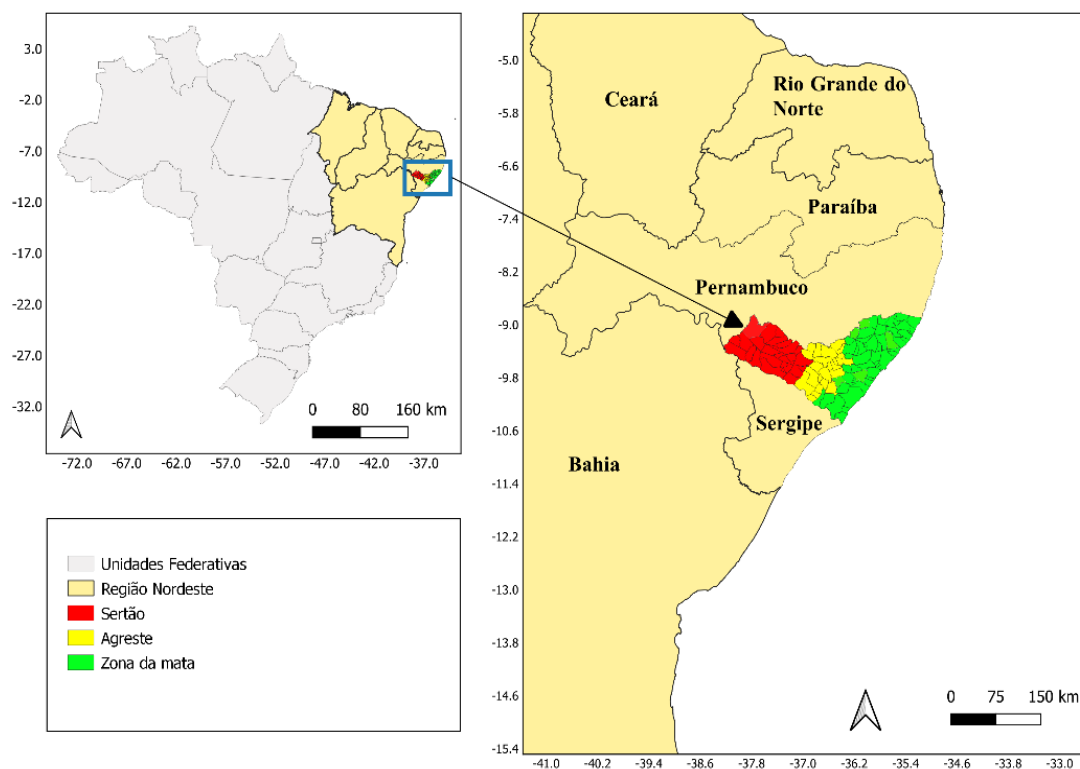
Segundo Da Silva *et al.* (2020) no LNEB a quantidade de secas leves a moderadas são maiores que os de chuva leve a moderada, tendo ocorrências de secas leves que ultrapassaram o total de todas as classes de chuvas, enquanto que os casos de extrema intensidade de precipitação persistem mais quando comparados aos eventos de seca extrema.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O Brasil possui 26 Estados mais o Distrito federal, entre eles, Alagoas (Figura 1) que é o segundo menor estado do país. Localizada na região Nordeste do Brasil (NEB), a capital Alagoana possui área total de 509.552 km², e está posicionada na latitude 09° 39' 57" S e longitude 35° 44' 07" W; encontra-se na região leste e possui clima Tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa no outono e inverno (PERFIL MUNICIPAL, 2018). Ao norte, limita-se com os municípios de Paripueira, Barra de Santo Antônio, São Luís do Quitunde, Flexeiras e Messias; ao sul com Marechal Deodoro e Oceano Atlântico; a oeste faz fronteira com o município de Rio Largo, Satuba, Santa Luzia do Norte e Coqueiro Seco; e a leste com o Oceano Atlântico (Figura 2).

Figura 1: Mapa do Brasil com foco no Estado de Alagoas.



Fonte: Autoria própria (2022).

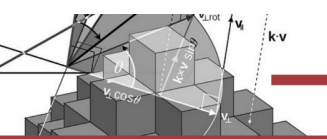
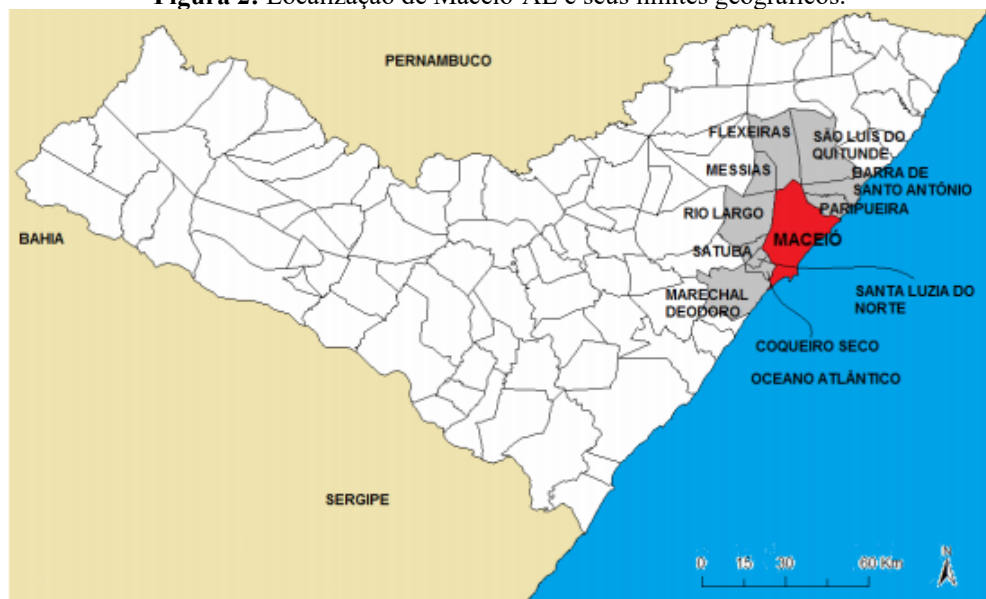


Figura 2: Localização de Maceió-AL e seus limites geográficos.



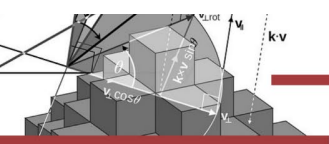
Fonte: Japiassú (2015).

3.2 Dados

Foram utilizados dados mensais de precipitação pluviométrica de 1952 a 2020, provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação pluviométrica situada no Bairro da Cidade Universitária, Maceió – AL, com latitude de $-9,550^\circ$ e longitude $-35,761^\circ$. Não houveram falhas nos dados no período de estudo.

Com esses dados será calculado o índice padronizado de precipitação (SPI) de Maceió, para o mesmo período (1952-2020), e essa série de SPI submetida à Análise de Ondaleta (AO), com a qual será possível a identificação das escalas temporais dos fenômenos climáticos atuantes.

Com o mesmo SPI é possível gerar correlações avançadas com os índices climáticos, através das Ondaletas cruzadas (OC), por meio de análises de coerência e fase. Os índices climáticos, por sua vez serão escolhidas conforme as escalas principais e secundárias das AO para a precipitação de Maceió, sendo as encontradas previamente, Índice de Oscilação Sul (IOS), Dipolo do Atlântico (DA) e Manchas Solares (MS), tendo também esses índices climáticos períodos de dados de 1952 a 2020. Os dados submetidos à OC são previamente submetidos ao teste de Monte Carlo (BLAIN e KAYANO, 2011; PEREIRA, 2017), o qual necessita de período de dados mais longos para o cálculo da OC.



3.3 Índice padronizado de precipitação (SPI)

Desenvolvido por Mckee *et al.* (1993) o SPI (do inglês Standardized Precipitation Index) é utilizado para o monitoramento de condições associadas a secas e excessos de chuva, baseado apenas no produto de precipitação mensal a partir de dados provenientes de várias fontes de dados, a principal característica do SPI é a possibilidade de utilização de monitoramento tanto de condições úmidas como secas em variadas escalas de tempo, possibilitando sua utilização em várias aplicações (CPTEC/INPE, 2020).

Para calcular o SPI inicia-se determinando uma função de densidade de probabilidade descrevendo as séries temporais. A distribuição gama (Equação 1) possui um bom ajuste para variáveis contínuas, pois tem limite inferior ou igual a zero, não possuindo limite superior, portanto, é bastante utilizada para estudar séries históricas de precipitação (SANTOS *et al.*, 2017 *pub* LIMA *et al.*, 2018).

$$g(x) = \frac{x^{\alpha-1} * e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} \text{ para } X > 0 \quad (1)$$

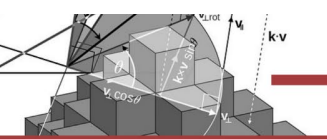
Sendo: $\alpha > 0$ parâmetro de forma; $\beta > 0$ parâmetro de escala; $X > 0$ quantidade de precipitação (mm) e $\Gamma(\alpha)$ a função gama completa.

Assim, a distribuição cumulativa é transformada em distribuição de probabilidade normal com média igual a zero e desvio padrão igual a um. Em seguida, é estimada a probabilidade acumulada de ocorrência de cada valor mensal. Aplicando essa probabilidade a função normal inversa, encontra-se o valor de SPI. Em que o SPI é a diferença da precipitação observada menos a média do intervalo de tempo específico, dividida pelo desvio padrão, como é mostrado na Equação 2 (SANTOS *et al.*, 2017):

$$SPI = Z_i = \frac{(P_i - \bar{P}_i)}{\sigma_i} \quad (2)$$

Em que: P_i é a precipitação mensal no período, \bar{P}_i a precipitação média do período em questão e σ_i o desvio padrão da série histórica de precipitação.

Após calcular o SPI, a precipitação mensal para um específico período de tempo recebe um valor adimensional correspondente a uma classe. Os valores de SPI positivos significam superioridade à média de precipitação, já os valores negativos significam menos que a média de precipitação. O zero representa a precipitação média, e a variação da saída do zero é uma medida probabilística que indica a intensidade de um evento chuvoso ou seco, podendo ser utilizado para avaliação de risco (BONFIM, 2018). As categorias de seca e de chuva anômala,



conforme o SPI, descritas por McKee *et al.* (1993) e adaptada por Lima *et al.* (2018) é dada na Tabela 1:

Tabela 1: Classificação e valores do SPI.

Valores de SPI	Classes
< -2,00	Seca Extrema
-1,99 a -1,50	Seca Severa
-1,49 a -1,00	Seca Moderada
-0,99 a -0,49	Seca Leve
-0,48 a 0,48	Quase Normal
0,49 a 0,99	Chuva Leve
1,00 a 1,49	Chuva Moderada
1,50 a 1,99	Chuva Severa
> 2,00	Chuva Extrema

Fonte: McKee *et al.* (1993) adaptada por Lima *et al.* (2018).

3.4 Análise de ondaletas - AO

O termo ondeleta refere-se a um conjunto de funções com forma de pequenas ondas que são geradas por dilatações, $\Psi(t) \rightarrow \Psi(2t)$, e translações, $\Psi(t) \rightarrow \Psi(t+1)$, de uma função base geradora simples $\Psi(t)$, assim, através da ondeleta-mãe, pode ser gerada as chamadas ondeletas-filhas. A base da Transformada de Fourier é contatada que cada função base é obtida a partir de simples dilatações na frequência, conciliando as propriedades de dilatação e translação em um exemplo de função base, sendo obtida as chamadas funções ondeletas, em que as dilatações e translações são dadas por duas variáveis nomeadas **j** e **k**, respectivamente (BOLZAN, 2006).

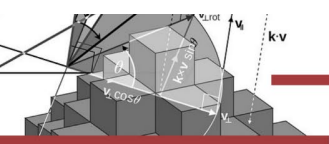
Primeiramente o índice de precipitação deve ser tratado e em seguida, submetidos à AO. Esse é referente à anomalia da variável, que será calculada a partir da climatologia mensal e normalizada pelo desvio padrão, como na Equação 3 (DA SILVA, 2009):

$$AVar_{i,j} = (Var_{i,j} - \overline{Var}_i / \sigma_i) \quad (3)$$

Em que: $AVar_{i,j}$ é a anomalia da variável, no ano $j = 1, 2, 3, \dots, N$ e mês $i = 1, 2, 3, \dots, 12$; $Var_{i,j}$ é a variável no ano $j = 1, 2, 3, \dots, N$ e mês $i = 1, 2, 3, \dots, 12$, o qual foi calculado sua anomalia; \overline{Var}_i é a média climatológica do mês a ser calculado a anomalia e σ_i é o desvio padrão utilizado para cada mês i específico.

A Ondeleta Morlet é definida como uma exponencial complexa modulada por uma Gaussiana, que é dada pela Equação 4 (ANDREOLI *et al.*, 2004 *apud* Da Silva, 2017):

$$\psi(t) = e^{i\omega_0 t - \eta^2 / 2} \quad (4)$$



Em que $\eta = t/s$, onde t é o tempo, s é a escala da ondaleta em função do tempo ($= 2/dt$) e ω_0 é uma frequência não-dimensional ($\text{lag}1 = 0,7$), escolhidos conforme Andreoli *et al.* (2004); Todos introduzidos no “script” de programação do Software Matlab®.

A ondaleta Morlet é complexa e possui características semelhantes aos de sinais meteorológicos, tais como simetria ou assimetria e variação temporal brusca ou suave. Estes critérios são adotados para a utilização da ondaleta para identificações de variações em escalas sinóticas, oscilações intra-sazonais e outras variações meteorológicas de diferentes escalas temporais (WENG; LAU, 1994).

3.5 Ondaleta Cruzada / Coerência e Fase - OC

A OC foi aplicada para a série temporal de precipitação de Maceió e os índices IOS, DA, MS, com o objetivo de avaliar as correlações entre chuva e os fenômenos climáticos.

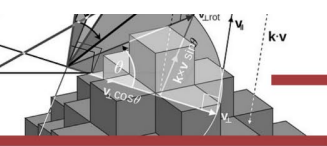
Para a determinação do nível de significância dos picos espectrais, seja na análise de Fourier, seja na ondaleta, exige a escolha de um espectro de fundo apropriado, dessa forma, é assumido que distintas realizações de um processo geofísico distribuem-se aleatoriamente em torno desse valor espectral esperado. Para variados fenômenos físicos, esse espectro de fundo pode ser baseado em processos de ruído branco ou vermelho, que pode ser definido por meio da Equação 5 (TORRENCE; COMPO, 1998; TORRENCE; WEBSTER, 1999; GRINSTED *et al.*, 2004 *apud* BLAIN; KAYANO, 2011):

$$P_k = \frac{1-\alpha}{1+\alpha^2-2\alpha\cos(2\pi k/j)} \quad (5)$$

Para $k=0\dots j/2$ e $\alpha = \frac{r_1+\sqrt{r_2}}{2}$

Em que: r_1 e r_2 são os coeficientes da função autocorrelação (acf) para as defasagens (lags) 1 e 2 da série com j dados. Verifica-se na Equação 6 que se a série em análise foi originária de um processo de ruído branco, tem-se P_k constante para todo k . A distribuição de nulidade para a potência local da ondaleta (WPS), relacionada à H_0 , pode ser definida pela Equação 6, a qual é a forma de investigação estatística denominada de análise cruzada de ondaleta (BLAIN; KAYANO, 2011):

$$\left| \frac{W_n(S)}{\sigma^2} \right|^2 = \frac{1}{2} P_k \chi_2^2 \quad (6)$$



Em que: σ^2 é a variância da série temporal, χ_2^2 representa a distribuição qui-quadrado com dois graus de liberdade.

A coerência mostra o grau da coerência entre duas séries temporais, não determinando necessariamente a covariabilidade da energia entre elas, podendo ser interpretada ainda como a medida da coerência entre duas ondeletas simples em tempo-frequência. Para o caso de duas séries temporais, a coerência pode ser definida como mostra na Equação 7, que é uma expressão semelhante ao coeficiente de correlação (Pearson), dessa forma, pode-se pensar em ondeleta coerência como uma medida do coeficiente de correlação localizado em tempo-frequência (BARBOSA; BLITZKOW, 2008):

$$R_n^2 = \frac{|S(s^{-1}W_nXY_{(s)})|^2}{S(s^{-1}|W_nX_{(s)}|^2) \cdot S(s^{-1}|W_nY_{(s)}|^2)} \quad (7)$$

Em que: S é o operador de suavização. E o S é dado pela Equação 8:

$$S(W) = S_{escala}(S_{tempo}(W_n(s))) \quad (8)$$

Em que: S_{escala} denota a suavização ao longo da escala dos eixos das ondeletas e S_{tempo} no tempo.

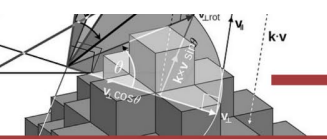
Um operador de suavização é dado de acordo com a Equação 9 e 10, para a ondeleta-mãe de Morlet:

$$S_{tempo}(W) \Big|_s = (W_n(s) \otimes c_1 \frac{-t^2}{2s^2}) \Big|_s \quad (9)$$

$$S_{escala}(W) \Big|_s = (W_n(s) \otimes c_2 \Pi(0,6s)) \Big|_s \quad (10)$$

Sendo: c_1 e c_2 são as constantes de normalização e Π é a função retângulo, o fator 0,6 é determinado empiricamente para a função ondeleta de Morlet.

As diferenças de fases ou relações entre as séries temporais são retratadas pelo ângulo de inclinação dos vetores. As setas voltadas na horizontal apontadas para a direita (0°) indicam que as séries estão em fase, quando as séries em fases opostas estão orientadas para a esquerda (180°), como foi mostrado também no trabalho de Blain e Kayano (2011) e Da Silva *et al.* (2022). Para os ângulos inversos (negativos) entre 0° e 180° têm-se que o máximo da série 1 ocorre antes do máximo da série 2; quando as setas estão orientadas verticalmente para cima,



com os ângulos positivos revelam que a série 1 está defasada, com seu máximo ocorrendo depois do máximo da série 2.

É necessário a organização e conhecimento da ordem em que as séries são processadas, isto é, qual série é independente (série 1) e qual a dependente (série 2), para que, assim, seja possível o cálculo para o período das defasagens, ou o quanto uma série vai antecipar ou adiantar a outra (SILVA, 2015; BLAIN; KAYANO, 2011).

Para a detecção de pontos de mudança, uma das abordagens utilizadas é através da minimização do custo total, que é formada pelo somatório do custo associado a adequação da propriedade estatística que se deseja analisar, ao seu conjunto de segmentos (Equação 11) (ROCHA *et al.*, 2019):

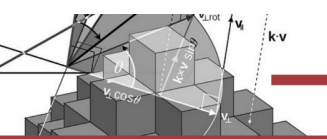
$$C_t = \sum_{i=1}^{m+1} [C(y_{\tau_i-1:\tau_i})] + \beta f(m) \quad (11)$$

Em que: m é o total de pontos de mudança; $C(y_{\tau_i-1:\tau_i})$ é a função de custo de cada segmento; $\beta f(m)$ é um fator de penalidade e C_t é o custo total.

As cores utilizadas na coerência são traduzidas pelo próprio algoritmo, em que as áreas circulares em preto indicam a verificação para nível de significância de 5% assumidas pelo algoritmo; na cor vermelho escuro são indicativos de fases e anti-fases; em azul, verde, amarelo, alaranjado e vermelho claro, representam áreas que os coeficientes indicam situações intermediárias entre fase e anti-fase. As setas indicam anti-fase quando estão da direita para a esquerda, já quando estão da esquerda para a direita, estão em fase (CASTRO, 2007; ROCHA, 2018).

A sincronização entre as fases de algum componente periódico de $X(t)$ em relação ao componente correspondente de $Y(t)$ pode-se ser representado pela diferença das fases convertido em ângulos no intervalo $[-\pi, \pi]$ é apresentada no espectro de potência através da utilização de setas (ROCHA *et al.*, 2019).

A realização da medição de coerência de fase da ondeleta é realizada para atribuir um valor de suporte nas medidas de diferença de fase entre duas séries temporais, com grandes valores da coerência de fase, o que significa que a diferença de fase varia suavemente como uma função de frequência, ou seja, não aleatório. Torrence e Webster (1999) dão a diferença de coerência de fase através da Equação 12 (VALE *et al.*, 2020):



$$\phi_n(S) = \text{tg}^{-1} \left(\frac{\Im\{s^{-1}W_n^{xy}(s)\}}{\Re\{s^{-1}W_n^{xy}(s)\}} \right) \quad (12)$$

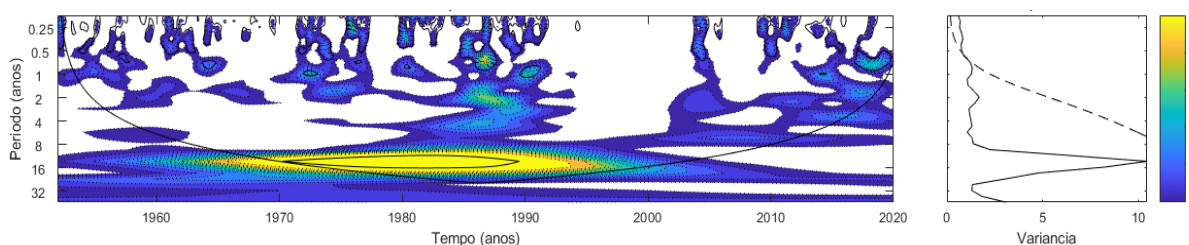
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análises de Ondaletas – AO

Através da AO foram identificadas escalas temporais que ocorriam na série de SPI e quais dessas escalas associam-se às sistemas meteorológicos e fenômenos climáticos, apontados assim como causadores do evento de maior ou menor /nenhuma chuva. As análises foram feitas para o período de 1952 até 2020.

Ao agir em conjunto, estas escalas podem causar valores elevados de chuva ou seca, provocando assim, consequências, principalmente para a população da região afetada, como é citado por (MARKHANN, 1974; HASTENRATH; HELLER, 1977; HASTENRATH; KACZMARCZYK, 1981; ROCKWOOD; MADDOX, 1988; DA SILVA, 2017; RAMIRES *et al.*, 2017).

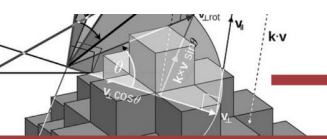
Figura 3: Espectro de potência de ondaleta (EPO). Contornos amarelados correspondem a variâncias normalizadas significativas ao nível de 5%. A curva em forma de U representa o cone de influência, sob a qual o efeito de borda é importante e Espectro de Potência Global (EPG), com o contorno tracejado indicando que o EPG é significativo ao nível de confiança de 95%.



Fonte: Autoria própria (2023).

De acordo com a literatura, alguns eventos marcaram o aumento/diminuição da precipitação local, como o déficit pluviométrico ocorrido no LNEB em 2016 (INPE, 2021) devido ao ENOS de 2015 e 2016 (CPTEC/INPE, 2020), a instabilidade ocorrida em Alagoas que causou aumento na precipitação em 2017 (CPTEC-INPE, 2017), em 2018 ocorreu redução da precipitação devido ENOS (CPTEC, 2018), em 2017 e 2018 houve ocorrência de La Niña moderada (CPTEC/INPE, 2020) e em 2019, devido ao ENOS (2015-2016) ocorreu uma seca fraca (CEMADEN, 2019).

Ao analisar a ondaleta foram identificadas as seguintes escalas: sazonal (0,25 anos) (WEICKMANN *et al.*, 1985), semestral (0,5 anos) (NASCIMENTO *et al.*, 2017), interanual (1

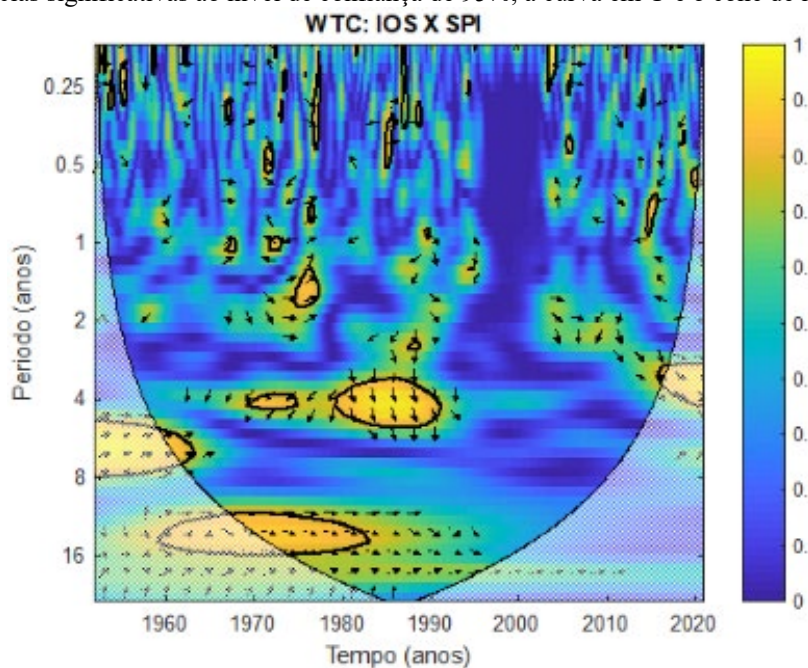


ano) (SERVAIN, 1991), ENOS (entre 1 e 2 anos), ENOS estendido (2 a 7 anos) (DA SILVA, 2017; DA SILVA *et al.*, 2020), Manchas Solares (11 anos) (KERR, 1996; MOLION, 2005) e Dipolo do Atlântico (SERVAIN *et al.*, 1999) de 7-8 a 11 anos. ENOS estendido, Dipolo do Atlântico e Manchas solares são vistos mais intensos e com maior interação entre eles, entre 1964 a 1995 (Figura 3). O ENOS e ENOS estendido apresentaram-se como escala dominante na ondaleta, enquanto que as Manchas Solares e Dipolo do Atlântico têm escala secundária, apesar de que essas escalas não têm tanta significância estatística por estarem fora do cone de influência.

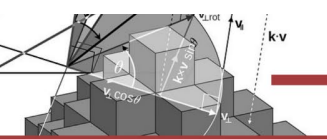
4.2 Relação entre IOS e SPI de Maceió

A Ondaleta cruzada entre IOS e SPI (1952-2020) (Figura 4) apresentou coerência entre 5 a 8 anos, com setas para a direita, indicando fase, em que as duas séries (IOS e SPI) coincidem de 1952 a 1962. Também nota-se coerência entre 3 a 5 anos, em que o mínimo de SPI ocorre 9 meses (ou 0,75 anos) após o máximo de IOS, que é mostrado pela seta indicando 90° , no período de 1980 a 1990. No WTC que ocorre de 1960 a 1982, a coerência de 13 a 16 anos no qual as setas estão para a direita, apresentam-se em fase. Os trabalhos de Blain e Kayano (2011) e Pereira (2017) mostram que o IOS e o SPI apresentam boa coerência, assim como os resultados encontrados para as mesmas variáveis desta pesquisa.

Figura 4: WTC entre o IOS e SPI de Maceió para o período de 1952-2020. Contornos contínuos englobam variâncias significativas ao nível de confiança de 95%; a curva em U é o cone de influência.



Fonte: Aatoria própria (2023).



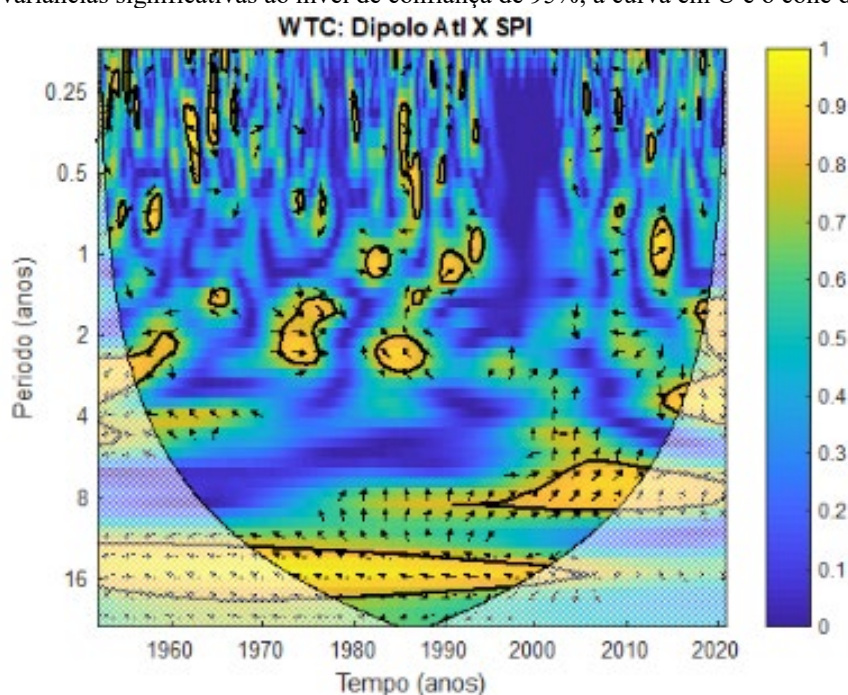
4.3 Relação entre dipolo do oceano Atlântico e SPI de Maceió

No WTC entre o Dipolo do Atlântico e SPI (1952-2020) (Figura 5) apresentaram coerência nas escalas de 6 a 9 anos, com o mínimo de SPI ocorrendo 0,75 anos ou 9 meses (45°) antes do máximo do Dipolo do Atlântico, visualizado de 1990 até o final da série dos dados, em 2020.

No período de 1952 a 2009 a coerência ocorreu entre as escalas de 13 a 17 anos, em que o máximo do Dipolo do Atlântico e o mínimo do SPI encontram-se em fase completamente opostas, o que significa que as duas séries estão fora de fase.

Silva e Santos (2009) identificaram que a ondaleta cruzada é uma ferramenta eficaz para a análise pluviométrica, como foi utilizada para a região da Paraíba e de Santa Catarina, também encontrando escalas em fase e fora de fase como o presente estudo.

Figura 5 - WTC entre o Dipolo do Atlântico e SPI para o período de 1952-2020. Contornos contínuos englobam variâncias significativas ao nível de confiança de 95%; a curva em U é o cone de influência.

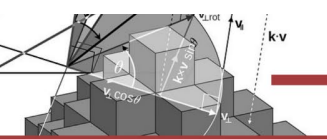


Fonte: Autoria própria (2023).

4.3 Relação entre ciclo de manchas solares e SPI de Maceió

O WTC entre Manchas Solares e SPI (1952-2020) (Figura 6) apresentou coerência entre 3,5 a 6 anos, sendo o mínimo de SPI avançado (ocorre antes) 0,87 anos ou 10,5 meses em relação ao máximo das Manchas Solares de 1979 a 1990.

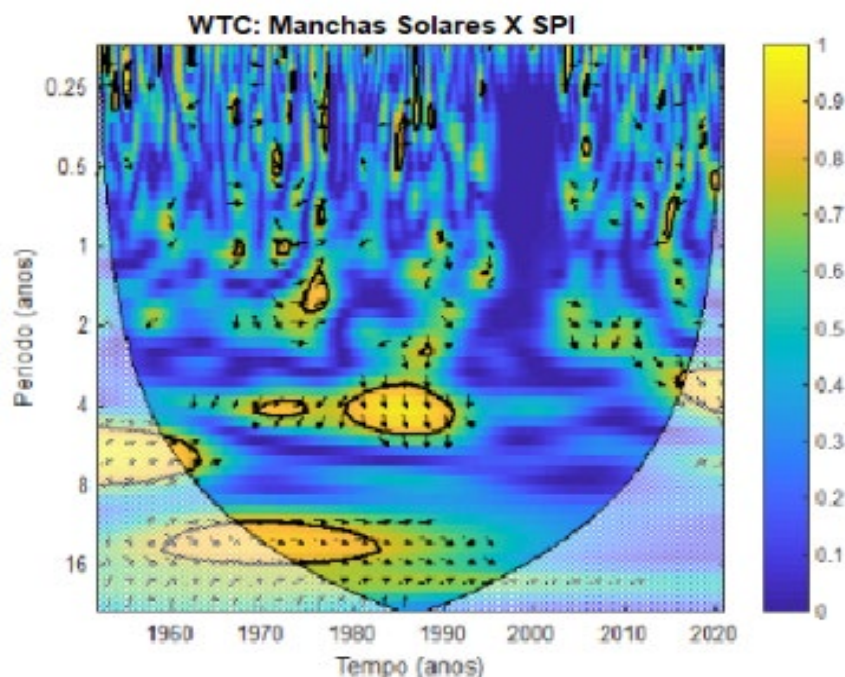
No período entre as escalas de 5 a 8 anos de 1952 a 1961, e entre as escalas de 11 a 16 anos, de 1959 a 1982, as coerências apresentaram completamente em fase (setas para a direita)



entre as séries de máximo de Manchas Solares e mínimo de SPI, mostrando correlação entre as séries.

No trabalho de Lima (2017), ao correlacionar Manchas Solares com o Dipolo do Atlântico, verificou-se que no Oceano Atlântico Norte há coerência em fase, enquanto que no Oceano Atlântico Sul, tem coerência negativa, também na escala de 11 anos.

Figura 6: WTC entre as Manchas Solares e SPI para o período de 1952-2020. Contornos contínuos englobam variâncias significativas ao nível de confiança de 95%; a curva em U é o cone de influência.

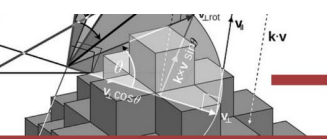


Fonte: Autoria própria (2023).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Análise de Ondaleta identificou que as escalas sazonal, semestral, interanual, de ENOS, ENOS estendido, de Dipolo do Atlântico, e de Manchas solares atuam influenciando e deixando seu sinal sobre a série de precipitação de Maceió, e conseqüentemente, sobre o SPI local. No entanto, as escalas dominantes de ENOS e ENOS estendido, e secundárias de Manchas solares e Dipolo do Atlântico, ocasionam as maiores influências e variabilidades pluviométricas locais.

A ondaleta cruzada indicou que o mínimo de SPI ocorre 9 meses após máximo da fase de El Niño (IOS), podendo assim, os gestores locais, preverem por exemplo, secas após a ocorrência de ENOS. Para a relação entre o Dipolo do Atlântico e SPI, esta estatística mostrou que o mínimo de SPI ocorre 9 meses após o máximo do Dipolo do Atlântico; desse modo, com acompanhamento das temperaturas do Oceano Atlântico, prevê-se mínimos pluviométricos e pode-se amenizar as perdas econômicas e de vidas humanas. Por fim, as Manchas Solares e SPI



de Maceió apresentaram coerência, com mínimo de SPI (secas) ocorrendo 10,5 meses após o máximo das Manchas Solares.

Desse modo, fica mais claro como ENOS, a variabilidade da temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico e Ciclo de Manchas solares influenciam e colaboram para a ocorrência de eventos extremos pluviométricos locais, os quais são possíveis de serem previstos estatisticamente.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, R. V. *et al.* A influência da temperatura da superfície do mar dos Oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro (RJ), n. 3, v. 19, jun. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/>. Acessado em 13/01/2022.

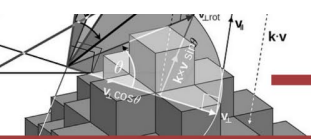
BARBOSA, A. C. B.; BLITZKOW, D. **Ondaletas: Histórico e Aplicação**. n.1, IAG (USP), São Paulo, Editora USP, Maio 2008, p. 39 Disponível em: http://sites.poli.usp.br/ptr/lgt/FTP/Apostila_Ondaletas_%20MSc.Augusto_Barbosa&Dr.Denizar_Blitzkow.pdf. Acessado em 24/01/2023.

BLAIN, G. C.; KAYANO, M. T. 118 anos de dados mensais do índice padronizado de precipitação: Série meteorológica de Campinas, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro (RJ), n. 1, v. 26, jan 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/>. Acessado em 13/01/2022.

BOLZAN, M. J. A. Transformada em ondeleta: Uma necessidade. **Revista Brasileira de Ensino em Física**, São Paulo (SP), n. 4, v. 28, mar. 2006. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/>. Acesso em 24/01/2023.

BONFIM, O. E. T. **Aplicação de análises estatísticas na pluviometria das Bacias Hidrográficas Aguapeí-Peixe (SP)**. 2018. p. 87 Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/jspui/bitstream/riufal/2539/1/Aplica%C3%A7%C3%A3o%20de%20an%C3%A1lises%20estat%C3%ADsticas%20na%20pluviometria%20das%20bacias%20hidrogr%C3%A1ficas%20Aguape%C3%AD-Peixe%20%28SP%29.pdf>. Acesso em 24/01/2023.

CASTRO, A. C. **Padrões de variabilidade intrasazonal sobre a cidade de São Paulo e o Oceano Atlântico Sul adjacente utilizando a análise de ondeleta, no período de 1982 a 2005**. 2007. p. 89 Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo/ IAG –USP, São Paulo, 2007. Disponível em: Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007, Acesso em 24/01/2023.



CEMADEN. **Situação da Seca no Semiárido e Impactos – Julho de 2019**. 2019. Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/situacao-da-seca-no-semiarido-e-impactos-julho-de-2019/>>. Acesso em: 19 maio 2021.

COUTO, C. **As Mudanças Climáticas e as Cidades Brasileiras**. 2020. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/proclima/eventos-proclima/as-mudancas-climaticas-e-as-cidades-brasileiras/>>. Acesso em: 21 de outubro de 2020.

CPTEC-INPE. **Chuva intensa em parte do Nordeste do país: Caso ocorrido no Leste do Nordeste em maio de 2017**. 2017. Disponível em: <<https://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/129314>>. Acesso em: 19 maio 2021.

CPTEC. **Outono termina com chuvas abaixo da média na maior parte do Brasil**. 2018. Disponível em: <<http://infoclima.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 19 maio 2021.

CPTEC-INPE. **Monitoramento do El Niño durante NDJ-2019/2020**. 2020. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 03 mai. 2021.

DA SILVA, D. F. **Análise de aspectos climatológicos, agroeconômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a Bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE)**. Mar. 2009. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - UFCG, Campina Grande-PB, 2009. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/3666>. Acesso em: 24/01/2023.

DA SILVA, D. F. Aplicação de Análises de Ondaletas para Detecção de Ciclos e Extremos Pluviométricos no Leste do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro (RJ), n. 2, v. 32, mar. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/>. Acessado em 24/01/2023.

DA SILVA, D. F. *et al.* Caracterização de eventos extremos e de suas causas climáticas com base no Índice Padronizado de Precipitação para o Leste do Nordeste. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife (PE), n.2, v. 13, abr.2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/243372>. Acessado em: 21/04/2020.

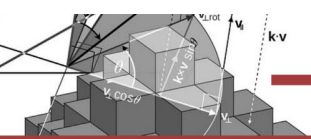
DA SILVA, D. F. *et al.* Coerência entre extremos no Oceano Pacífico e extremos climáticos em Santiago (Chile). **Revista brasileira de Climatologia**, Rio de Janeiro (RJ), n.4, vol. 31, dez. 2022. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/16037>. Acessado em: 26/12/2022.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. **Journal of the Royal Meteorological Society Quarterly**, England, United Kingdom, n. 103, v. 435, jan. 1977. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/>. Acesso em: 24/01/2023.

HASTENRATH, S.; KACZMARCZYK, E. B. On spectra and coherence of tropical climate anomalies. **Tellus**, Copenhagen, Denmark, n. 5, v. 33, jan.1981. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.2153-3490.1981.tb01771.x>. Acesso em 20/01/2023.

INPE. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Panorama geral das condições meteorológicas e os principais eventos extremos significativos ocorridos no Brasil em 2016**. Brasília, 2021.

JACOBI, P. R.; GIATTI, L. Eventos extremos, urgências e mudanças climáticas. **Revista**



Ambiente e Sociedade, São Paulo (SP), n. 3, v. 20, jul. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/Dd7DtKff4BK466J7f9pGxxB/?lang=pt>. Acesso em: 24/01/2023.

JAPIASSÚ, L. A. T. **Expansão urbana de Maceió, Alagoas: caracterização do processo de crescimento territorial urbano em face do plano de desenvolvimento - de 1980 a 2000**. 2015. p. 165 Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/1313>. Acesso em: 24/01/2023.

LEAL NETO, J. G. S. *et al.* Eventos meteorológicos extremos e suas repercussões na cidade de Maceió, Estado de Alagoas. In: **XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física e Aplicada**, n. 18, 2019, Fortaleza, Anais XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física e Aplicada, Edt. UFC, Fortaleza, CE, 2019. p. 2433, Disponível em: XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física e Aplicada, n. 18, 2019, Fortaleza, Anais. Acesso em: 20/01/2023.

LIEBMANN, B.; JONES, C.; CARVALHO, L. M. V. Interannual variability of daily extreme precipitation events in the state of São Paulo, Brazil. **Journal of Climate**, New York, USA, n.1, v. 14, jan. 2001. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/14/2/1520-0442_2001_014_0208_ivodep_2.0.co_2.xml. Acesso em: 24/01/2023.

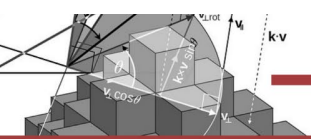
LIMA, D. C. **Análise das possíveis relações entre os ciclos solares e as anomalias de TSM dos Oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais**. 2017. p. 103 Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/1442>. Acesso em: 23/01/2023.

LIMA, M. J. S. *et al.* Classificação, quantificação e ocorrência de eventos climáticos extremos nas três mesorregiões do estado de Alagoas, Brasil. **Revista Ciência e Sustentabilidade**, Juazeiro do Norte (CE), n.2, v. 4, dez. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufca.edu.br/ojs/index.php/cienciasustentabilidade/article/view/319>. Acesso em: 23/01/2023.

MARENGO, J. A. Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima - Impactos sociais e econômicos. **Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas**, São José dos Campos (SP), n. 8, edição especial, mai. 2009. Disponível em: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/newsletters/Boletim_No8_Port.pdf. Acesso em: 24/01/2023.

MARKHANN, C. G. Apparent periodicities in rainfall at Fortaleza. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, New York (USA), n.1, v. 13, fev. 1974. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/apme/13/1/1520-0450_1974_013_0176_apiraf_2_0_co_2.xml. Acesso em: 24/01/2023.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to times scale. In: **Eighth Conference on Applied Climatology**, n.8, 1993, Anaheim, California. Anais Eighth Conference on Applied Climatology, Edt. Conference on Applied Climatology, 1993. 17- p. 22 Disponível em: https://www.droughtmanagement.info/literature/AMS_Relationship_Drought_Frequency_Duration_Time_Scales_1993.pdf. Acesso em: 24/01/2023.



OLIVEIRA, D. L.; DE SOUZA, V. C. B.; FRAGOSO JÚNIOR, C. R. Análise Hidrológica da Cheia Excepcional Ocorrida em Junho de 2010 nas Bacias dos Rios Mundaú e Paraíba do Meio em Alagoas e Pernambuco. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Rio de Janeiro, n. 3, v. 19, jul. 2014. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=168&SUMARIO=4799>. Acesso em: 24/01/2023

PEREIRA, T. A. S. **Análise e previsão de chuvas na estação seca do Leste do Nordeste do Brasil: Aplicação nas bacias dos Rios Mundaú e Paraíba do Meio (AL/PE)**. 2017. p. 152 Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – CTG - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/29901>. Acesso em: 24/01/2023.

PERFIL MUNICIPAL. 2018. Disponível em: <https://dados.al.gov.br/catalogo/dataset/c70c5d37-9cef-4bf7-b55f-456aded041eb/resource/d6deb2f8-2505-4f24-8d79-f74adcf8ed50/download/perfilmaceio2018.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2021.

RAMIRES, J.; ARMOND, N. B.; SALGADO, C. M. A variabilidade pluviométrica no Cariri Cearense e a influência das teleconexões ENOS e ODP. In: **XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. n.17, v.1, jul. 2017, Campinas, Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Editora UNICAMP, Campinas, 2017, 21382150 p., Disponível em: In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Acesso em: 24/01/2023.

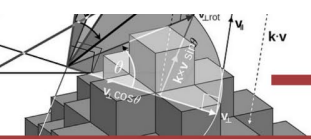
ROCHA, A. F. **Espectro cruzado e coerência wavelet: um estudo de variáveis micrometeorológicas em frações urbanas na cidade de Cuiabá, MT**. 2018. 100 p. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Pós graduação em Física Ambiental. Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018. Disponível em: <https://pgfa.ufmt.br/index.php/br/utilidades/teses>. Acesso em: 24/01/2023.

ROCHA, R. V.; SOUZA FILHO, F. A.; SILVA, S. M. O. Análise da Relação entre a Precipitação Média do Reservatório Orós, Brasil - Ceará, e os índices PDO e AMO Através da Análise de Changepoints e Transformada de Ondeletas. **Revista Brasileira de Meteorologia**. Rio de Janeiro, n.1, v.34, jan. 2019. Disponível em: Revista Brasileira de Meteorologia. Acesso em: 24/01/2023.

RODRIGUES, D. T. **Análise de eventos extremos de precipitação no Nordeste do Brasil**. 2019, 123 p. Tese de Doutorado (Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/28110>. Acesso em: 24/01/2023.

ROCKWOOD, A. A.; MADDIX, R. A. Mesoscale and synoptic scale interactions leading to intense convection: The case of 7 June 1982. **Weather and Forecasting**, Denver, USA. n.1, v. 3, mar. 1988. Disponível em: https://www.spc.noaa.gov/misc/AbtDerechos/papers/Rockwood_1988.pdf. Acesso em 24/01/2023.

SANTOS, S. R. Q. *et al.* Determinação de Regiões Homogêneas do Índice de Precipitação Normalizada (SPI) na Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, n.1, v. 32, mar. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/NftmjcnBMq7rFrZDbNNyqsH/?lang=pt>. Acesso em



23/01/2023.

SENA, J. P. O.; MORAIS NETO, J. M.; LUCENA, D. B. Variabilidade interdecadal da precipitação na região do Cariri Paraibano e a relação com eventos sobre os Oceanos. **Revista Brasileira de Climatologia**, Rio de Janeiro, n. 13, v. 20, jan. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318873876_VARIABILIDADE_DA_PRECIPITACAO_POR_DECADA_E_A_RELACAO_COM_OS_EVENTOS_EXTREMOS. Acesso em: 24/01/2023.

SILVA, G.; SANTOS, C. A. G. Análise da influência do ENOS na precipitação da Paraíba e Santa Catarina através da cross wavelet transform. **In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, n. 18, 2009, Campo Grande (MT). Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Editora ABRH, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/305956468_Analise_da_influencia_do_ENOS_na_precipitacao_da_Paraiba_e_Santa_Catarina_atraves_da_cross_wavelet_transform. Acesso em: 24/01/2023.

SILVA, P. R. F.; CALHEIROS, S. Q. C. O estado de Alagoas no contexto regional nordestino. **Revista Franco-Brasileira de Geografia**, Confins (SP), n. 41, set. 2019. Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/21096>. Acesso em: 24/01/2023.

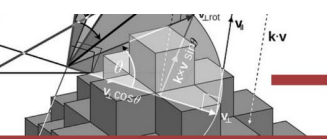
SILVA, R. A. **Padrões de variabilidade multiescalar na temperatura da superfície do mar no Atlântico Tropical e Norte e seus efeitos nas chuvas da América do Sul**. 2015. p. 143 Tese (Doutorado em Clima e Ambiente) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus, 2015. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/12949>. Acesso em: 24/01/2023.

SOUSA, F. *et al.* Estimativas dos riscos de chuvas extremas nas capitais do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife (PE), n. 2, v. 9, jun. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233377>. Acesso em: 24/01/2023.

SOUZA, W. M. *et al.* Áreas de risco mais vulneráveis aos desastres decorrentes das chuvas em Recife-PE. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, n. 34, dez. 2014. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/219. Acesso em: 24/01/2023.

VALE, R. S.; SANTANA, R.A.; DIAS-JÚNIOR, C. Q. Análise de dados climáticos usando transformada em ondeletas cruzada e coerência. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife (PE), n. 2, v. 13, jul. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/242478>. Acesso em: 24/01/2023.

WENG, H.; LAU, K. M. Wavelets, period doubling, and time-frequency localization with application to organization of convection over the Tropical Western Pacific. **Journal of the Atmospheric Sciences**, Boston (USA), n.17, v.51, n.17, jul. 1994. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/atsc/51/14/1520-0469_1994_051_2145_mmatat_2_0_co_2.xml. Acesso em: 24/01/2023.



CAPÍTULO 3

FUNCIONALIDADES PANORÂMICAS DOS TIPOS DE RECICLAGEM EM RODOVIAS DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Jéssica Wanderley Souza do Nascimento
Allefy Teles Sampaio
Ana Dayse Costa da Silva
Sabiana Gilsane Mühlen dos Santos
Tallita de Matos da Rocha
Mariana Ferreira Umbelino

RESUMO

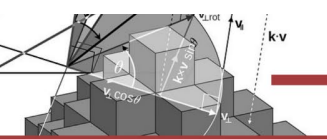
Com o tempo, os pavimentos tendem a se deteriorar devido a cargas excessivas durante sua vida útil, exigindo manutenção e reparos. Uma estratégia para evitar o aumento de custos é a exigência de novos materiais e a promoção do desenvolvimento sustentável na reciclagem de pavimentos asfálticos. O reaproveitamento de materiais, em conjunto com novos agregados e ligantes, pode proporcionar aos pavimentos uma vida útil mais longa e reduzir o impacto ambiental. Este artigo é uma revisão bibliográfica de análise explicativa, que se refere ao método de reciclagem *in situ* a frio, apresentando o conceito, classificação, vantagens e desvantagens da mistura de materiais fresados com outros materiais para promover o desenvolvimento sustentável e a manutenção de rodovias. Os estudos foram selecionados para revisão em diferentes bases de dados, utilizando dos indexadores *Scopus*, *Scielo* e *Web of Science*, publicados entre 2005 e 2015, em português, inglês e espanhol. A pesquisa identificou 145 estudos primários, após a leitura dos títulos, resumos e, tendo em vista os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, 35 artigos foram incluídos na amostra da revisão explicativa. A leitura analítica foi então realizada para classificar as informações e identificar o objetivo do estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimentos flexíveis. Reciclagem. Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da sua vida útil, os pavimentos rodoviários sofrem processos de degradação sob ação do tráfego e das condições climáticas, tendo-se verificado que nos últimos anos as solicitações a que são sujeitos têm aumentado, quer em termos de volume tráfego, quer em termos da sua agressividade. Paralelamente as exigências dos utentes têm também vindo a aumentar. A necessidade de reabilitar pavimentos surge assim como um imperativo, sendo a mesma consequência da ocorrência de degradações, que podem afetar a qualidade dos pavimentos a diferentes níveis. Esta necessidade crescente de realizar obras de reabilitação dos pavimentos existentes também origina quantidades crescentes e não desprezáveis de materiais disponíveis para uma eventual reciclagem (GEWEHR, 2014, p. 34).

Para além das técnicas tradicionais de reabilitação de um pavimento flexível, a reciclagem dos materiais provenientes dos pavimentos degradados e a sua aplicação nesses ou em outros pavimentos, aparece assim como uma solução alternativa. Esta técnica, para além de permitir a reabilitação das características estruturais de um pavimento flexível, vai também ao



encontro das preocupações atuais relativamente às políticas de desenvolvimento sustentável (CUNHA, 2010, p. 56).

A reciclagem de pavimentos surgiu na década de 70 nos Estados Unidos, numa altura em que o petróleo registava valores muito elevados, traduzindo-se em custos muito elevados de fabrico, transporte e aplicação das misturas betuminosas. Na década de 90 a reciclagem volta novamente a tomar um papel importante, também por razões de ordem económica, mas principalmente devido a fatores de ordem ambiental. A partir desta data, os fatores ambientais passam assumir uma maior importância na escolha do processo de reabilitação de um pavimento. A reciclagem surge como uma solução de resposta às preocupações em relação aos recursos não renováveis e também à deposição dos resíduos provenientes de pavimentos degradados, sendo considerada genericamente como um instrumento da política de desenvolvimento sustentável (DNIT, 2005, p. 78).

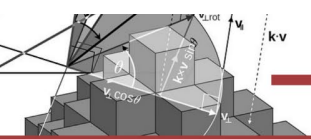
No entanto, a reciclagem de misturas betuminosas só é viável, quando economicamente justificável, sendo cada vez mais importante promover uma aproximação entre problemas ambientais e as soluções técnicas e económicas.

2. SÍNTESE DAS DIFERENTES TÉCNICAS DE RECICLAGEM

Para além das alternativas associadas ao local de reciclagem, existem também diferentes opções função do processo de reciclagem, no que respeita à temperatura de reciclagem e ao ligante utilizado no processo. Da combinação destas diferentes possibilidades resultam diferentes tipos de reciclagem. Assim, é possível ter técnicas a frio, a quente, a semi-quente no que diz respeito a temperatura de reciclagem, e pode-se utilizar cimento, emulsão betuminosa, espuma de betume ou até mesmo novo betume como ligante no processo de reciclagem. A conjugação destas diferentes variáveis dá origem aos diferentes tipos de reciclagem (PINTO, 2009, p. 65).

Todos os tipos de reciclagem, com a exceção da reciclagem *in situ* a quente, constituem uma alternativa de reabilitação das características estruturais de um pavimento flexível degradado. Relativamente a técnica *in situ* a quente, está só pode ser utilizada ao nível da camada de desgaste, em situações em que o pavimento não apresente problemas estruturais. Trata-se por isso de uma técnica de conservação das características superficiais do pavimento (BONFIM, 2005, p. 54).

Foi ainda possível aferir, no que diz respeito à temperatura de reciclagem, que as misturas produzidas a frio, independentemente do local de reciclagem, apresentam



características que lhes permitem ser utilizadas ao nível de camadas de base, contribuindo deste modo para uma melhoria da capacidade de suporte do pavimento. As misturas recicladas a quente em central apresentam características que lhes permitem não só ser aplicadas ao nível das camadas de base, mas também em camadas de regularização e de desgaste, resultado do desempenho aproximadamente equivalente aquele que é verificado para as misturas novas produzidas a quente em central (FONSECA, 2005, p. 76).

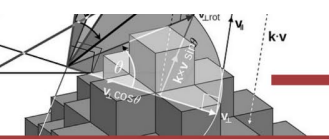
Independentemente do tipo de reciclagem a utilizar, existe sempre a necessidade de se realizarem estudos preliminares, os quais deverão ser acompanhados pela execução de um trecho experimental, em que são considerados aspectos relativos à espessura aproximada da intervenção, materiais a reciclar e a previsão da evolução do seu comportamento ao longo do tempo, a formulação da mistura final a utilizar, de modo a aferir quais as melhores soluções para a reabilitação do pavimento degradado. Para além do local onde se realiza o processo de reciclagem, existem ainda diferentes alternativas no que diz respeito à temperatura de reciclagem e ao tipo de ligante utilizado no processo (CUNHA, 2010, p. 66).

Como resultado das diferentes variáveis que interferem no processo de reciclagem, assim existem diferentes tipos de reciclagem, que permitem a reabilitação de um pavimento flexível (FONSECA, 2005, p. 77).

3. TIPOS DE RECICLAGEM *IN SITU* A FRIO

Na reciclagem *in situ* a frio, as camadas degradadas do pavimento são fresadas, de modo a serem reduzidas a dimensões apropriadas, para depois serem misturadas a frio com um aglutinante, no próprio local da obra. De acordo com o USDD (2005, p. 87), este tipo de reciclagem permite que os materiais provenientes do antigo pavimento, possam ser novamente utilizados numa camada de base do novo pavimento reabilitado.

De acordo com o estudo apresentado por Alkins (2008, p. 56), que compara a quantidade de dióxido de carbono libertado num processo de reabilitação de um pavimento por métodos tradicionais, com um processo de reabilitação que implicou a reciclagem *in situ* a frio de um pavimento, foi possível concluir que a quantidade de gases emitidos é cerca de metade para a solução que contempla a reciclagem do pavimento degradado. Uma vez que se trata de uma técnica a frio, os consumos de energia são menores quando comparados com as técnicas a quente, por não haver a necessidade de aquecer o material. A reciclagem *in situ* a frio apresenta também menores níveis de emissão de gases tóxicos para a atmosfera quando comparada com uma solução tradicional de reabilitação de um pavimento.

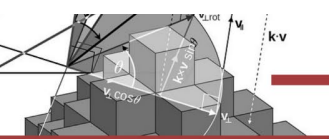


Para analisar a quantidade de CO₂ libertado, foi utilizado um modelo computacional – PaLATE (*Pavement Life-Cycle Assessment Tool for Environmental and Economics*), que comparou uma solução tradicional de reabilitação com a técnica de reciclagem *in situ* a frio. Foi analisado um troço com a extensão de 1 km com secção transversal de 7,5m, numa profundidade de 15cm (ALKINS, 2008, p. 59).

De acordo com Pinto (2009, p. 65), os resultados obtidos, indicam claramente uma menor quantidade de CO₂ libertado para a atmosfera quando utilizada a solução que implica a reciclagem *in situ* a frio do pavimento. Neste tipo de reciclagem, à semelhança do que acontece com os outros, e tal como se viu no processo de reciclagem, em primeiro lugar há que verificar as condições do pavimento, e se este se encontra em condições de ser alvo do processo de reciclagem. Caso o pavimento cumpra as condições, procede-se à fase de estudo dos materiais que constituem o pavimento e à obtenção de uma fórmula de trabalho para cada um dos trechos com características diferentes. Já na fase de execução, os equipamentos necessários à realização da técnica de reciclagem *in situ* a frio são no mínimo uma máquina recicladora, cisternas para água e ligantes, motoniveladora e cilindros, os quais formam um comboio, frequentemente denominado por “comboio de reciclagem”.

A fase de execução tem início com a passagem em primeiro lugar da máquina recicladora. A máquina recicladora procede de forma contínua à desagregação do pavimento existente, à adição de água e do ligante através de injetores existentes no rotor da máquina, à mistura do material, e finalmente ao seu espalhamento. Se na fórmula de trabalho ficou estabelecido que seria necessário material corretivo, nomeadamente agregados, estes devem ser colocados sobre o pavimento antes da passagem da máquina recicladora, para que quando está passe se proceda às correções estabelecidas (WIRTGEN, 2009, p. 69).

De forma a garantir a homogeneidade da camada reciclada, a máquina recicladora deverá avançar a uma velocidade lenta e uniforme, evitando-se paragens. Quando tal for imprescindível, deverá cortar-se de imediato o fornecimento de ligante e água para evitar sobredosagens ou encharcamentos. O avanço da recicladora está muito condicionado pelas características dos materiais existentes e pela profundidade em causa no processo de reciclagem. Se a reciclagem for feita por faixas, estas devem sobrepor-se, com uma sobreposição mínima de 15cm, tendo o cuidado de desligar os injetores da máquina recicladora nesse comprimento de sobreposição aquando da primeira passagem da máquina, de forma a evitar a sobredosagem de ligante (AZEVEDO, 2009, p. 87).



Depois de colocada a mistura, segue-se a compactação da camada reciclada que de acordo com Nunes (2005, p. 67), deverá ser primeiramente com um cilindro de rolo vibrante e em seguida com cilindro de pneus, e deverá ter início logo após a passagem da máquina recicladora.

Uma compactação final energética é fundamental para obter a resistência necessária e um bom comportamento do pavimento reciclado, pelo que deve alcançar-se a maior densidade possível, sendo recomendado atingir-se no mínimo 90% do Proctor modificado. Uma pequena variação na densidade, por exemplo 5%, traduz-se numa grande variação das resistências mecânicas, que pode significar uma redução da ordem dos 25% (PAUL, 2005, p. 78).

A compactação executar-se-á longitudinalmente de forma contínua e sistemática, até se atingir o grau de compactação pretendido. Se a reciclagem se realizar por faixas paralelas os cilindros deverão sobrepor-se na faixa adjacente em pelo menos 15cm. Se forem utilizados dois equipamentos de reciclagem em paralelo compactar-se-á a toda a largura abrangida pelas duas máquinas (AZEVEDO, 2009, p. 89).

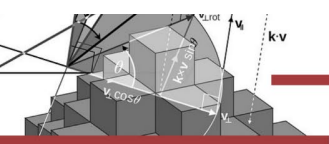
Deve também proceder-se ao nivelamento da camada reciclada, utilizando para tal uma motoniveladora, uma vez que o volume de materiais tratados, após a reciclagem é superior ao inicial, tanto pela quantidade de água e ligante adicionados, bem como pelo empolamento que resulta do processo de desagregação das camadas muito densificadas do pavimento antigo depois de vários anos a suportar a ação do tráfego (ALKINS, 2008, p. 62).

Conforme Pinto (2009, p. 67), a reciclagem *in situ* a frio permite a utilização de diversos ligantes: cimento, emulsão betuminosa e espuma de betume. Dependendo do ligante utilizado, a camada de base reciclada apresentará determinadas características estruturais.

O processo de reciclagem *in situ* terá sempre de ser complementado com a colocação de camadas superiores em misturas betuminosas fabricadas a quente em central, de modo a dotar o pavimento das características superficiais necessárias à circulação do tráfego, daí que este tipo de reciclagem, para além de reabilitar estruturalmente o pavimento, possibilite também a melhoria das características superficiais (BONFIM, 2005, p. 64).

3.1 Reciclagem *in situ* a frio com cimento

Na atualidade, a reciclagem *in situ* com cimento é uma técnica largamente utilizada em países como, Estados Unidos, Austrália, Alemanha, Espanha e França. Em Portugal já foram realizadas algumas obras de reabilitação utilizando esta técnica. Inicialmente esta técnica era utilizada em vias com baixa intensidade de tráfego. No entanto, como resultado da ampla



experiência, entretanto adquirida, atualmente já é aplicada em estradas com um importante volume de veículos pesados (GOMES, 2005, p. 77).

A utilização do cimento permite um grande aumento na capacidade de suporte do pavimento, sem que para isso seja necessário recorrer a uma camada com elevada espessura. A reciclagem *in situ* a frio com cimento é indicada para situações em que o pavimento a reabilitar apresenta degradações com elevada extensão, ou em casos em que existem restrições de subida de cota do pavimento (BONFIM, 2005, p. 78).

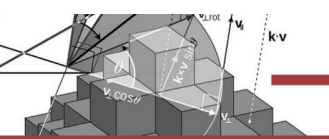
A camada reciclada *in situ* a frio com cimento acaba por constituir segundo Picado-Santos (2008, p. 78), uma camada do tipo agregado de granulometria extensa tratado com cimento e apresenta resistência muito mais elevada que a anterior, passando a estrutura final a ser idêntica a um pavimento semirrígido.

Segundo Fonseca (2005, p. 88), os valores da dosagem de cimento utilizados habitualmente variam em função do tipo de material fresado e do tipo de cimento utilizado, sendo o mínimo de dosagem de 4%. No entanto, de forma a garantir-se uma quantidade efetiva de 4% e atendendo a perdas e deficiências na aplicação, homogeneidade do material existente, ou deficiências na compactação é comum especificarem-se valores mínimos de 6% de cimento. Deverá utilizar-se um cimento com classe de resistência média 32,5 MPa. Cimentos de classe superior (42,5MPa) só devem ser utilizados sob condições especiais, por exemplo em situações de baixas temperaturas. Na fase de execução deste tipo de reciclagem, a sequência construtiva é idêntica à já referida para a técnica *in situ* a frio. No entanto, quando a reciclagem *in situ* a frio utiliza como ligante o cimento, deverá ser acoplado à recicladora uma misturadora.

3.2 Reciclagem *in situ* a frio com emulsão betuminosa

As emulsões betuminosas podem ser definidas como dispersões, relativamente estáveis, de gotículas de betume convencional (fase dispersa ou descontínua) em água – meio emulsionante (fase contínua). Dessa forma, se obtém um sistema heterogêneo, comportando duas fases líquidas não miscíveis, onde uma das fases se encontra dispersa dentro de outra fase sob a forma de finas gotículas com dimensões entre 0,1 e 5 microns de diâmetro (PICADO-SANTOS, 2008, p. 80).

Em função da carga das partículas do betume, existem dois tipos de emulsões betuminosas, as aniônicas (carga negativa) e as catiônicas (carga positiva). Em termos de rapidez de rotura das emulsões betuminosas pode-se ter rotura rápida, média ou lenta e ainda caracterizar as emulsões em função da sua viscosidade, baixa, média ou alta. Segundo Fonseca



(2005, p. 89), as emulsões mais utilizadas na reciclagem são as catiônicas de rotura lenta, as quais proporcionam um correto envolvimento com os agregados que resultam do processo de fresagem do pavimento antigo e permitem que o espalhamento da mistura se faça antes da rotura da emulsão.

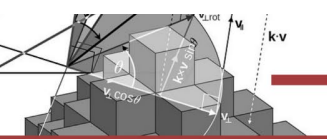
É importante garantir uma boa afinidade entre a emulsão escolhida e o material a tratar, para que no futuro a camada reciclada não apresente anomalias que comprometam o sucesso da reciclagem, daí a importância fundamental de se realizar um trecho experimental, onde é possível testar a adesividade entre a emulsão betuminosa escolhida e o material reciclado, bem como as percentagens de emulsão betuminosa a utilizar. O trecho experimental permite ainda avaliar sobre a necessidade de se proceder à adição de material corretivo (SANTOS, 2008, p. 67).

O valor da dosagem da emulsão betuminosa a utilizar depende da percentagem de betume e da percentagem de finos existente no material reciclado, por serem estes os que apresentam maiores problemas de envolvimento com este tipo de ligante. De acordo com Lewis (2009, p. 95), usualmente utilizam-se percentagens de emulsão de cerca de 5% do peso do material a reciclar, no entanto esta percentagem pode ser reduzida para valores até 3%, em função da percentagem de betume na mistura reciclada.

Este tipo de reciclagem visa sobretudo recuperar camadas de desgaste envelhecidas em pavimentos com valor estrutural adequado às condições de tráfego, abrangendo regra geral a espessura da camada de desgaste, acrescida de 3cm de forma a englobar a interface com a camada adjacente, que seria seriamente afetada pela violenta operação de fresagem (PICADO-SANTOS, 2008, p. 85).

A sequência construtiva da técnica de reciclagem *in situ* a frio com emulsão é semelhante à da técnica com cimento. Também são utilizados “comboios” constituídos por uma máquina recicladora, à qual é acoplada desta vez, uma cisterna para água e outra para emulsão. A máquina recicladora procede à mistura da emulsão betuminosa com o material fresado e com a água, e ao espalhamento desta mesma mistura. Como o teor em emulsão betuminosa é relativamente baixo, existe a necessidade de adicionar água, especialmente se os agregados estiverem secos. Em seguida procede-se à compactação da camada reciclada (COSTA-BAPTISTA, 2006, p. 89).

As espessuras das camadas a reciclar são geralmente de 12 a 15 cm. Não são aconselháveis espessuras superiores devido a problemas de cura da emulsão betuminosa, mas



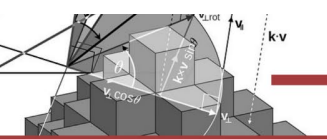
também devido ao aumento dos custos, uma vez que uma emulsão é mais cara que o cimento. Segundo Fonseca (2005, p. 89), quando a espessura da camada a tratar ultrapassa os 12 cm é conveniente juntar uma pequena percentagem (entre 1% a 2%) de cimento. A utilização do cimento em pequenas percentagens pode ter várias funções, nomeadamente facilitar ou acelerar a rotura da emulsão, reduzir a sensibilidade à água, especialmente com materiais argilosos ou contaminados ou aumentar a coesão do material resultante. Este tipo de reciclagem, que emprega dois tipos de ligantes (betuminosos e hidráulicos) é designado por reciclagem mista a frio.

A reciclagem *in situ* a frio com emulsão betuminosa permite a obtenção de uma camada que segundo Picado-Santos (2008, p. 78), é semelhante a um material de granulometria extensa tratado com emulsão e que de permite alcançar módulos de deformabilidade de 2000MPa correspondentes a temperaturas entre os 20°C e os 25°C. No entanto estes valores dependem do tipo de material fresado (granulometria obtida e natureza dos materiais) e da quantidade de emulsão utilizada, podendo em alguns casos atingir valores da ordem de 5000MPa.

Segundo Batista (2005, p. 99), a utilização deste tipo de misturas com recurso a uma emulsão betuminosa permite a obtenção de uma camada reciclada com maior flexibilidade, e que se adequa melhor, relativamente às camadas tratadas com cimento, quando aplicadas sobre suportes mais ou menos deformados ou relativamente fendilhados. A utilização da emulsão betuminosa, obriga a um período inicial de cura, durante o qual a água vai sendo eliminada e a camada vai ganhando coesão e resistência. Só após este período de tempo é que a camada reciclada com emulsão betuminosa apresentará as características para que foi dimensionada. Daí que a utilização de uma emulsão betuminosa combinada com uma aplicação *in situ* resulte numa grande susceptibilidade da camada reciclada com este ligante às condições climáticas e à variação dos teores em água, pelo que os trabalhos de reciclagem *in situ* a frio com emulsão betuminosa devem ser realizados preferencialmente na Primavera ou no Verão, de modo a que o período de cura ocorra em situações mais favoráveis.

3.3 Reciclagem *in situ* a frio com espuma de betume

A reciclagem com espuma de betume é um processo de reabilitação de pavimentos que envolve a mistura de espuma de betume com o material proveniente da reciclagem do pavimento existente, produzindo um pavimento de alta qualidade, durável e flexível com um desempenho excepcional e resistente aos efeitos de climas extremos (SEIXAS, 2008, p. 77).



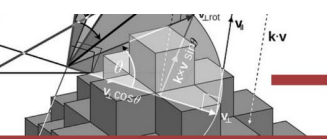
O objetivo do fabrico da espuma de betume é a redução da viscosidade do betume possibilitando o envolvimento dos agregados, ou areias naturais e mesmo argilas com baixa plasticidade. Este tipo de ligante é obtido quando se aquece o betume (a uma temperatura entre 180° C e 200° C) e se injeta em câmaras especiais, uma pequena quantidade de água fria (geralmente 1 a 2% do seu peso) e ar. A introdução de água e ar no betume quente faz com que este se expanda, aumentando até 30 vezes o seu volume inicial (FONSECA, 2005, p. 88).

Esta expansão ocorre na designada câmara de expansão, a partir da qual a espuma de betume é injetada e misturada com o material do pavimento a reciclar. Nenhuma reação química acontece, apenas as propriedades físicas do betume são temporariamente alteradas (BATISTA, 2005, p. 99).

De acordo com Seixas (2008, p. 66), a espuma de betume subsiste durante um período de 10 a 20 segundos, período durante o qual é feita a mistura com o material a reciclar. Enquanto espuma, não reveste completamente a superfície dos agregados, apenas envolve os finos formando uma argamassa, que efetivamente aglutina o material reciclado. A mistura betuminosa final passa a apresentar características particulares pelo uso da espuma de betume. Não apresenta cor preta, como é característica das misturas betuminosas. Apesar de ser necessário o aquecimento do betume, este tipo de reciclagem não é considerado uma técnica a quente, uma vez que a mistura dos componentes (espuma de betume, material fresado e eventualmente aditivos), a colocação, e compactação da mistura são efetuadas à temperatura ambiente. O equipamento necessário à reciclagem *in situ* a frio com espuma de betume, assim como o método construtivo são idênticos aos verificados para a técnica *in situ* a frio e já anteriormente referidos, no entanto, decorrente da utilização da espuma de betume, o “comboio de reciclagem” apresenta algumas alterações que implicam o acoplamento de uma cisterna de água e outra de betume à máquina recicladora.

O betume quente é bombeado desde o tanque de betume até à recicladora, através de mangueiras providas para o efeito e injetado, juntamente com uma determinada quantidade de água, através da barra pulverizadora, localizada na proximidade do rolo misturador. A água, em contacto com o betume quente, provoca a expansão deste formando uma espuma de betume que se mistura com o material do pavimento. Seguem-se posteriormente as operações de nivelamento e compactação da camada (SEIXAS, 2008, p. 78).

A dosagem deste tipo de ligante é de acordo com Lewis (2009, p. 78), utilizado em percentagens que variam entre o 1,5% e 4%. Os valores máximos de dosagem são utilizados



nos casos em que os materiais a tratar são essencialmente granulares, enquanto as dosagens mínimas são utilizadas em situações em que o material apresente elevada percentagem de betume. No entanto, trata-se de dosagens de ligante inferiores àquelas que se verificam para os outros tipos de reciclagem *in situ* a frio, o que leva a que as camadas tratadas com este tipo de reciclagem apresentem uma menor propensão para aparecimento de fendas por retração.

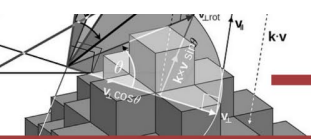
Durante a fase de mistura, a temperatura ideal dos agregados deverá estar entre os 13°C e 23°C, dependendo do tipo de agregado a utilizar, enquanto a temperatura do betume deverá estar entre 180°C e 200°C. Por haver a necessidade de aquecer e manusear o betume a temperaturas elevadas, a reciclagem *in situ* a frio com espuma de betume envolve maiores perigos, relativamente a outras técnicas *in situ* a frio, no que diz respeito à segurança dos trabalhadores em obra. Com estas temperaturas do betume há perigo de queimaduras graves, fogo e explosões. Os módulos de deformabilidade para as camadas recicladas com espuma de betume conseguem valores que de acordo com Fonseca (2005, p. 56), podem variar entre os 2000MPa e os 5000MPa, sendo o valor superior conseguido quando o material a tratar contém material betuminoso, e o valor inferior para situações em que o material a tratar apresente uma granulometria mais monogranular.

A reciclagem mostra ser uma boa alternativa técnica e económica às soluções tradicionais, nomeadamente no que respeita ao saneamento do pavimento existente e à execução de novas camadas (VICENTE, 2006, p. 78).

De acordo com Seixas (2008:89), o tratamento de pavimentos flexíveis degradados com recurso à técnica *in situ* a frio com espuma de betume permite a obtenção de uma nova camada estrutural resistente às deformações plásticas e durável, mesmo em situações de climas extremos.

4. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Conforme Seixas (2008, p. 55), nas situações de reciclagem *in situ*, o processo torna-se geralmente mais económico, por não haver a necessidade de transporte dos materiais, enquanto nas técnicas em central os custos mais elevados são compensados por uma qualidade e fiabilidade das misturas betuminosas obtidas. Mas importa também verificar que outras vantagens e/ou desvantagens apresentam cada uma das técnicas decorrentes do uso de determinado ligante e/ou temperatura de reciclagem e conjugar estas outras variáveis, de modo a ser possível definir em que situações é que cada uma das diferentes técnicas pode ou não ser utilizada como método eficiente de reabilitação de um pavimento flexível degradado.



O material reciclado *in situ* a frio, tal como já foi visto anteriormente, é incorporado no novo pavimento reabilitado, em novas camadas de base, contribuindo deste modo para uma melhoria das características e de comportamento do pavimento, quando solicitado pelo tráfego. Segundo Suleiman (2005, p. 87), o comportamento, em termos de performance das camadas recicladas *in situ* a frio é semelhante a uma mistura betuminosa aberta a frio.

Em casos de pavimentos muito heterogêneos, a técnica *in situ* a frio, não é uma solução viável de reabilitação. Por exemplo, numa situação em que o pavimento a reabilitar possua camadas que ao longo da sua extensão vão apresentando diferentes constituições em termos de materiais, ou diferentes espessuras, tal obrigaria à realização de um estudo de formulação, acompanhado de um trecho experimental para todas as zonas do pavimento com características diferentes, o que do ponto de vista prático não seria razoável (SULEIMAN, 2005, p. 88).

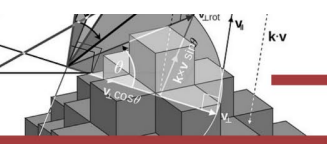
De acordo com o USDD (2006, p. 67), em termos econômicos, os custos associados a uma solução de reabilitação com recurso à técnica *in situ* a frio, com a aplicação de uma camada de desgaste com uma mistura betuminosa produzida a quente, são menores relativamente a uma solução que implique a fresagem do pavimento com a aplicação de uma nova camada com novas misturas betuminosas.

Devido a não ser necessário aquecer o material, a reciclagem *in situ* a frio tem a vantagem de permitir uma redução nos consumos de energia e não emitir gases tóxicos para o ambiente, associados ao aquecimento de misturas betuminosas. No entanto, as misturas recicladas *in situ* a frio de acordo com Jimenez (2007, p. 89), são difíceis de compactar e por vezes apresentam problemas de desagregação.

5. METODOLOGIA

Este é uma pesquisa de revisão da literatura, o objetivo deste tipo de estudo é sintetizar o conteúdo de vários materiais e analisar criticamente as informações contidas neles. Três plataformas digitais foram utilizadas para a coleta de dados: *Scopus*, *Scielo* e *Web of Science*, com base em estudos publicados entre 2005 e 2015. Os critérios incluíram: artigos com temas tanto em reciclagem de pavimento quanto fresagem *in situ* a frio publicados no período selecionado, em inglês, português e espanhol. Foram adotados os seguintes critérios de exclusão: estudos sobre fresagem *in situ* a quente postados durante um intervalo de 10 anos.

A pesquisa foi realizada no intervalo de tempo de agosto a dezembro de 2020, com os seguintes descritores como fonte: "Pavimentos flexíveis", "Reciclagem" e "Sustentabilidade". Os seguintes descritores foram usados na base de dados *Scopus*, e resultaram em 121 artigos,

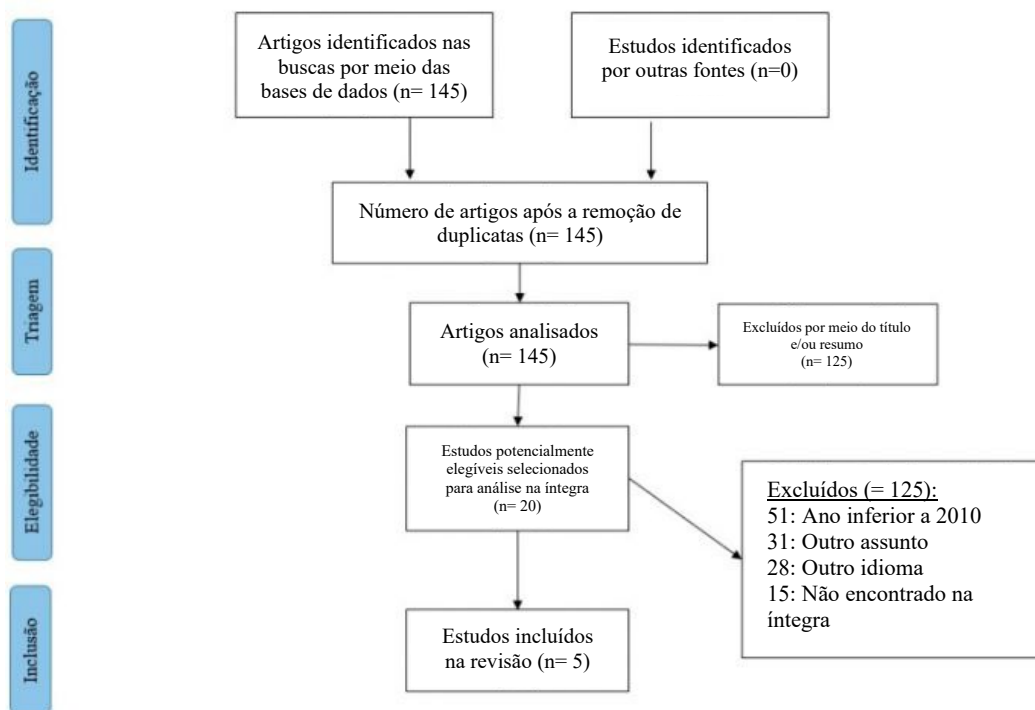


12 dos quais preencheram os critérios de inclusão. Os mesmos descritores foram usados na *Scielo* e no *Web of Science*, e na *Scielo* 10 artigos foram selecionados por título e leitura abstrata. No *Web of Science*, 14 artigos foram selecionados por título e leitura de resumo, 3 dos quais preenchiam os critérios de seleção de acordo com o organograma da metodologia.

Os artigos foram coletados através de acesso on-line, encontrando-se 121 artigos na base de dados *Scopus*, 10 artigos na base *Scielo*, 14 artigos na base *Web of Science*, na qual a amostra final desta revisão explicativa consistia de 20 artigos. Foram utilizadas leituras exploratórias, seletivas, analíticas e interpretativas para a análise e posterior síntese dos dados que preenchiam os critérios de inclusão e exclusão (Figura 1).

Em seguida, os resultados dos estudos foram sintetizados, procurando cobrir sua relevância. Em sequência, os dados dos estudos foram reunidos e sistematizados, caracterizando a análise crítica com o objetivo de gerar novos conhecimentos sobre os diferentes tipos de reciclagem em pavimentos rodoviários flexíveis.

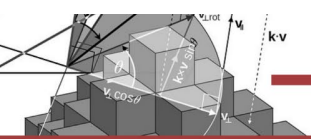
Figura 1: Ilustração representativa do processo metodológico da revisão explicativa da literatura.



Fonte: Autoria própria (2023).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1, foi construído a partir do objetivo da pesquisa, tendo em vista apontar os diferentes tipos de reciclagem em pavimentos rodoviários flexíveis.



Quadro 1: Distribuição dos estudos segundo autor, ano, tipo de estudo e resultado.

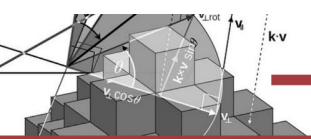
Autor	Ano	Tipo de estudo	Resultado
Suleiman <i>et al.</i>	2005	Estudo Observacional Retrospectivo	Resultados que as camadas recicladas apresentam um elevado grau de rigidez
Paul <i>et al.</i>	2005	Estudo Observacional de Coorte	Resultados que as camadas onde seja aplicada a reciclagem <i>in situ</i> a frio com emulsão betuminosa não apresentam módulos de deformabilidade tão elevados.
Picado-Santos <i>et al.</i>	2008	Estudo Observacional do tipo Transversal Retrospectivo	A utilização de emulsão betuminosa exige um tempo de cura de duas a três semanas.
Simões <i>et al.</i>	2006	Estudo Observacional do tipo Transversal	Trata-se de uma técnica de fácil aplicação, daí a elevada percentagem de utilização.
Batista <i>et al.</i>	2005	Estudo Observacional Retrospectivo	apresentam características de resistência com valores próximos daqueles que são obtidos com cimento.

Fonte: Autoria própria (2023).

Conforme o estudo de Suleiman (2005, p. 67), no caso dos pavimentos reciclados *in situ* a frio com cimento, as camadas recicladas apresentam um elevado grau de rigidez, muito superior à dos materiais que lhe deram origem, o que potencia um aumento da vida residual do pavimento. Assim, esta técnica apresenta-se como uma boa solução quando existe a necessidade de aumentar a capacidade resistente das camadas recicladas. O pavimento que anteriormente era flexível passa a ser do tipo semirrígido. Este problema de retração das camadas recicladas com cimento é ultrapassável com a colocação de uma camada de reforço com betume modificado com borracha, enquanto uma pré-fissuração transversal da camada reciclada antes da compactação constitui a melhor solução.

O estudo de Paul (2005, p. 67), o mesmo relata que as camadas onde seja aplicada a reciclagem *in situ* a frio com emulsão betuminosa não apresentam módulos de deformabilidade tão elevados, como no caso de o ligante ser o cimento. Trata-se de uma técnica utilizada em situações em que o pavimento se encontre fendilhado, mas com adequado valor estrutural às condições de tráfego. No entanto, as camadas tratadas com emulsão não apresentam os mesmos problemas de fendilhamento por retração dos materiais e conseguem adaptar-se melhor a eventuais deformações. A técnica *in situ* a frio com emulsão betuminosa apresenta maiores custos relativamente à técnica de reciclagem *in situ* a frio com cimento, derivado dos custos mais elevados das emulsões betuminosas, para além de não poderem ser alcançadas as mesmas profundidades de reciclagem devido à cura da emulsão.

De acordo com Picado-Santos (2008, p. 69), a utilização de emulsão betuminosa exige um tempo de cura de duas a três semanas, não devendo nesse período ser aplicada nova camada. A técnica *in situ* a frio com emulsão betuminosa apresenta também, maior sensibilidade às



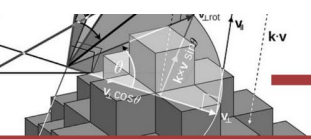
condições climáticas. O tempo seco deve predominar para permitir a rotura da emulsão, pelo que o processo de reciclagem com emulsão está limitado em zonas com elevada percentagem de humidade relativa. As amostras com cimento e mais baixa percentagem de emulsão, tanto para as amostras com agregados virgens como para as amostras com agregados provenientes das misturas betuminosas recicladas, foram aquelas que apresentaram melhores resultados, quando submetidas a ensaios de resistência à compressão.

No entanto Simões (2006, p. 79), relatou que no ano de 2004 já haviam sido reciclados 1.900.000 m² de pavimentos, 43% dos quais através da técnica de reciclagem *in situ* a frio com emulsão. Trata-se de uma técnica de fácil aplicação, daí a elevada percentagem de utilização, que permite reabilitar pavimentos flexíveis degradados, regenerando os materiais betuminosos, transformando-os numa excelente base para o suporte das camadas betuminosas superiores. As misturas betuminosas recicladas *in situ* a frio, após o processo de reciclagem passam a funcionar como agregado em camadas de base do novo pavimento reabilitado, interessa por isso perceber, qual o seu comportamento nestas novas camadas e qual o seu desempenho quando comparados com misturas com agregados virgens.

Por sua vez, Batista (2005, p. 90), utilizou a técnica de reciclagem *in situ* a frio com espuma de betume, uma técnica indicada para situações de tráfego pesado com climas extremos, incluindo situações de altas e baixas temperaturas, gelo, seca e humidade. As camadas recicladas com espuma de betume, apresentam características de resistência com valores próximos daqueles que são obtidos com cimento, no entanto, não apresenta riscos de fissuração por retração, como no caso das camadas recicladas com cimento. As camadas recicladas com espuma de betume são flexíveis, resistentes à fadiga e à deformação. Quando comparada com outros tipos de reciclagem *in situ* a frio, pode-se dizer que a técnica que utiliza a espuma de betume requer algum equipamento muito específico – câmara de expansão, e envolve maiores riscos para os trabalhadores, durante o processo de construção, uma vez que existe a necessidade de aquecer o betume até pelo menos 180°C.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a elaboração do presente trabalho pretendeu-se contribuir para a discussão da utilização de novas técnicas de conservação/reabilitação dos pavimentos rodoviários flexíveis, tendo em consideração que a solução escolhida para a reabilitação de um pavimento flexível degradado deve ter em consideração fatores de índole económica, técnica e ambiental. Nesse âmbito, foi efetuado um aprofundamento dos conhecimentos quanto à possível utilização da



reciclagem dos pavimentos, a qual se subdivide em diferentes tipos de reciclagem, que por sua vez conduzem a diferentes respostas a cada um destes fatores supracitados.

Pode-se assim concluir, que em termos económicos e ambientais a reciclagem *in situ* a frio é aquela que apresenta mais vantagens, mas em termos de desempenho, a técnica a quente em central é aquela que apresenta os melhores resultados, sendo que qualquer uma delas, permite a reabilitação das características estruturais de um pavimento flexível.

REFERÊNCIAS

ALKINS, A.; LANE, B.; KAZMIEROWSKI, T. Sustainable Pavements: Environmental, Economic, and Social Benefits of In Situ Pavement Recycling. **Transportation Research Record**, 2084(1), 100–103. 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.3141/2084-11>> Acessado em: jan. 2023.

AZEVEDO, M.; CARDOSO, M. Reciclagem a Quente em Central Betuminosa. **Atas das II Jornadas Técnicas de Pavimentos Rodoviários**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2005, p. 87-92.

BATISTA, F. A. Misturas Betuminosas Densas a Frio. (2004) 240 p. **Tese de Doutoramento em Engenharia Civil**, Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2004. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10216/12322>> Acessado em: fev. 2023.

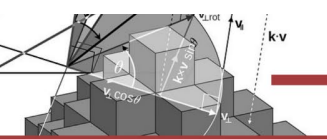
BONFIM, V. **Fresagem de Pavimentos Asfálticos**. 2 ed., São Paulo: Fazendo Arte Editorial, 2005, p. 54-78.

COSTA-BAPTISTA, A. M. Misturas Betuminosas Recicladas a Quente em Central – Contribuição para o seu Estudo e Aplicação. (2007) p. 219 **Tese de Doutoramento em Engenharia Civil**, Departamento de Engenharia Civil – F.C.T.U.C., Coimbra. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10316/7372>> Acessado em: dez. 2022.

CUNHA, C. M. Reciclagem de pavimentos rodoviários flexíveis diferentes tipos de reciclagem. (2010) p. 225 **Dissertação de Mestrado**, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, julho 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.21/425>> Acessado em: dez. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 005/2005** – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia. Rio de Janeiro: IPR, 2005, p. 78.

FONSECA, P. A Reciclagem de Misturas Betuminosas com Betume Modificado com Borracha: A Experiência Americana. **Atas das IV Jornadas Luso-Brasileiras de Pavimentos** – Pavimentos Sustentáveis. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2005, p. 76-89.



GEWEHR, J. **O que é a reciclagem de asfalto?** fev. 2014, p. 34. Disponível em: <<http://asfaltodequalidade.blogspot.com.br/2014/02/o-que-e-reciclagem-de-asfalto.html>>. Acesso em 17 de fevereiro de 2021.

GOMES, L. S. Reciclagem de Misturas Betuminosas a Quente em Central. **Tese de Mestrado em Engenharia Civil**, Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2005, p. 77-79.

JIMÉNEZ, F. E. Manual de Pavimentação. CEPSA Betumes, **CEPSA Portuguesa Petróleos**, S.A., Lisboa, 2007, p. 89.

LEWIS, A. J.; COLLINGS, D. C. Cold in Place Recycling: A Relevant Process for Road Rehabilitation and Upgrading. **7th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa**. Africa do Sul, 2009, p. 95. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su142416691>> Acessado em: jul. 2023.

NUNES, A. Guia de Apoio da Reciclagem de Pavimentos com Cimento. **Atas das IV Jornadas Luso-Brasileiras de Pavimentos – Pavimentos Sustentáveis**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2005, p. 67.

PAUL, I.; SIMÕES, R. Aplicação da Técnica de Reciclagem de Pavimentos in situ com Cimento, na beneficiação da EN383. **Atas das II Jornadas Luso-Brasileiras de Pavimentos – Pavimentos Sustentáveis**. Faculdade de Engenharia do Porto, Porto, 2005, p. 67-78.

PICADO-SANTOS, L.; BAPTISTA, A. M. **Formulação de Misturas Betuminosas Recicladas a Quente**. 2008, p. 78-85.

PINTO, T. P. **Perda de materiais em processos construtivos tradicionais**. São Carlos: UFSCAR, Departamento de Engenharia Civil, 2009, p. 65-67.

SANTOS, C.; SHULER, S. **A Study of the Performance of Three Asphalt Pavement Rehabilitation Strategies**. Colorado State University, USA, 2008, p. 67-78.

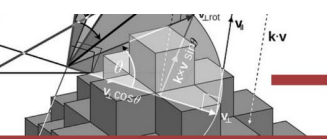
SEIXAS, P. Reciclagem de Pavimentos com Espuma de Betume – Uma Experiência a Grande Altitude, Cordilheira dos Andes, Peru. **Mota-Engil**, Pavimentações, S.A., Porto, 2008, p. 66-77.

SIMÕES, L. Pavimentação – Reciclagem Semiquente em Central. **Atas das II Jornadas Luso-Brasileiras de Pavimentos – Pavimentos Sustentáveis**. Faculdade de Engenharia do Porto, Porto, 2006, p. 79.

SULEIMAN, N. A State of the Art Review of Cold in Place Recycling of Asphalt Pavements in Northern Plains Region. Department of Civil Engineering – **University of North Dakota**, USA, 2002, p. 67-87.

UNITED STATES DEPARTMENT OF DEFENSE – Standard Practice Manual for Flexible Pavements. USA, 2005, p. 87.

VICENTE, A. M. A Utilização de Betumes Modificados com Borracha na Reabilitação de Pavimentos Flexíveis. **Tese de Mestrado em Engenharia Civil**, Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006, p. 78.



CAPÍTULO 4

ANÁLISE DA CINÉTICA DE SECAGEM DO FRUTO MELÃO DE SÃO CAETANO (*MOMORDICA CHARANTIA L.*)

Luan Gustavo dos Santos
Alessandra Telis dos Santos
Edmur Gustavo Cabral Scatena
Janaina Dos Reis Bondezan
Karla Fernanda Felette
Tuliana Lorraine Custódio Machado
Raquel Manozzo Galante
Leandro Osmar Werle

RESUMO

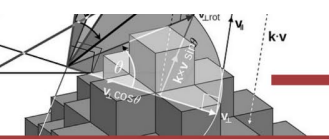
O melão São Caetano (*Momordica charantia L.*) é uma planta alimentícia não convencional rica em compostos bioativos. Seus frutos apresentam capacidade funcionais, capazes de serem eficazes no tratamento de doenças degenerativas. No entanto, seus frutos possuem uma baixa vida-útil devido sua composição rica em água, a qual promove oxidação e degradação. Neste contexto, a secagem quando aplicadas em produtos agroindustriais favorece na preservação do produto, redução do tamanho e redução de atividade biológicas e bioquímicas de produtos agroindustriais. Portanto, este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento cinético da secagem de fatias de melão São Caetano nas temperaturas de 60 e 70 °C e definir um modelo matemático que represente este processo. O aumento da temperatura de secagem de 60 para 70 °C promoveu a redução de 30 min do processo, a qual está associada ao aumento da difusividade de $1,581 \times 10^{-9}$ para $1,641 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. Além disso, o modelo de Midilli melhor se ajustou aos dados cinéticos, sendo capaz de predizer o processo de desidratação das fatias de melão São Caetano.

PALAVRAS-CHAVE: Desidratação. Coeficiente de difusividade. Conservação de Alimentos.

1. INTRODUÇÃO

Comumente utilizada para a preservação de produtos agroindustriais, a secagem é uma técnica que se baseia na remoção da água do interior do produto através da difusividade, ou seja, pelo transporte da água não ligada para a superfície do material e que, através da transferência de calor e massa, promove a redução da umidade do produto (SANTOS *et al.*, 2021). De modo a obter produtos de alta qualidade nutricional e sensorial, diversas técnicas de secagem são exploradas no campo agroindustrial, tais como convectiva, infravermelho, micro-ondas, liofilização etc. Vale salientar que a redução do teor de água em produtos alimentícios favorece na redução e/ou inativação de microrganismos, prolongando sua vida útil (SANTOS *et al.*, 2019a).

A secagem por convecção baseia-se na exposição do produto úmido a uma fonte de calor aquecido durante um tempo específico, de modo a ocorrer a redução do conteúdo de água



do material (SANTOS *et al.*, 2021). A temperatura, velocidade do ar, umidade relativa e área do material úmido são alguns dos parâmetros que podem influenciar no tempo de secagem e, portanto, diversos estudos são realizados para obter melhores condições de operação e qualidade do produto seco (GODOI *et al.*, 2020).

O melão São Caetano (*Momordica Charantia* L.) é uma planta alimentícia não convencional a qual é muito utilizada como em diversas regiões da América Latina como alimento funcional e medicinal (ASSIS *et al.*, 2015). Estudos mostram que o melão São Caetano (MSC) apresenta propriedades bioativas, tais como ação antibacteriana, anti-hipertensiva, imunossupressora, anti-inflamatória e até mesmo anticancerígena, devido seu alto teor de compostos fenólicos, vitaminas do complexo B e ferro, sendo usada no tratamento e combate da doença de Alzheimer, fígado, coração e diabetes (GAYATHRY; JOHN, 2022). Sua composição rica em água favorece reações químicas, bioquímicas e biológicas, gerando rápida degradação. Por isso, a aplicação da secagem torna-se fundamental para a preservação dos constituintes fitoquímicos e prolongamento da vida-útil do MSC.

Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento cinético de secagem de fatias de melão São Caetano nas temperaturas de 60 e 70 °C e ajustar modelos matemáticos aos dados experimentais para melhor predizer o processo de desidratação.

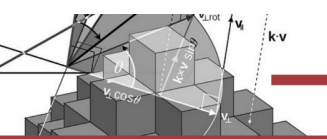
2. MATERIAL E MÉTODOS

O melão São Caetano foi adquirido em Caarapó – Mato Grosso do Sul e o experimento foi realizado na Universidade Federal da Grande Dourados, no laboratório de análise tecnológica (LATEC). O MSC foi cortado em fatias com espessura de aproximadamente 0,3 cm e seu diâmetro foi medido em duplicata. As amostras foram pesadas e colocadas em um vidro relógio, previamente identificados.

Para a secagem das amostras, utilizou-se um secador convectivo de bandejas com fluxo de ar vertical, com temperatura de ar de $60 \pm 2^\circ\text{C}$ e $70 \pm 2^\circ\text{C}$ com velocidade do ar de secagem de $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. As pesagens foram realizadas nas duas primeiras horas a cada 15 minutos, na terceira e quarta hora a cada 30 minutos e nas demais a cada uma hora. A pesagem prosseguiu até alcançar peso constante. Posteriormente, as amostras permaneceram na estufa por 24 horas e pesadas novamente para obter a massa do sólido seco (W_{ss}) (BONZI *et al.*, 2022).

2.1 Determinação das curvas de secagem

A umidade inicial e ao longo do tempo (X_t) para as amostras analisadas das fatias de açafreão foram determinadas empregando o peso da água evaporada e do peso final da amostra



seca (W_{ss}). Foi construída a curva típica de secagem, plotando-se a umidade em função do tempo, durante o período de secagem.

A razão de umidade (RU) das fatias de açafrão na temperatura avaliada foi definida conforme a Equação 1. Onde RU, X_e e X_0 representam, respectivamente, o teor de umidade do produto ao longo do tempo, teor de umidade em equilíbrio do produto e o teor de umidade inicial do produto, dados em gramas de água por grama de sólido seco ($g_{H_2O} g_{ss}^{-1}$) (SILVA *et al.*, 2014).

$$RU = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (1)$$

A taxa de secagem, Ra ($g_{H_2O}/min.cm^2$) descrita pela Equação 2, foi obtida a partir do método numérico com a derivação dos dados de umidade em relação ao tempo, onde ΔX corresponde a variação da umidade livre média (g_{H_2O}/g_{ss}) e Δt a variação do tempo (s), além do peso final da amostra seca (W_{ss}) e da área superficial da amostra em m (A), determinada pela aproximação à área transversal de um cilindro, utilizando o diâmetro médio da amostra.

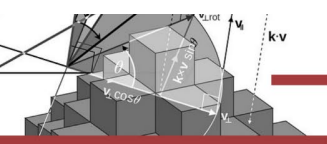
$$Ra = \frac{W_{ss} \cdot \Delta X}{A \cdot \Delta t} \quad (2)$$

2.2 Determinação do coeficiente de difusividade efetivo

Os dados experimentais foram ajustados de acordo com o modelo descrito pela 2ª Lei de Fick (Equação 3), para a cinética de secagem de alimentos. A partir desta equação foi calculada a difusividade efetiva (D_{ef}) da água do interior das amostras, considerando o material como geometria de placa plana infinita, distribuição uniforme de umidade inicial, temperatura constante de secagem e encolhimento insignificante da amostra, conforme metodologia proposta por Crank (1975).

$$RU = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 D_{ef} t}{4L^2}\right) \quad (3)$$

De acordo com Menezes *et al.* (2013) e Santos e Werle (2021) longos períodos de secagem, a Equação 3 pode ser simplificada apenas ao primeiro termo, não alterando os resultados da determinação do coeficiente difusivo, conforme mostrado na Equação 4.



$$RU = \frac{8}{\pi^2} e^{-\text{Def} \left(\frac{\pi}{2L}\right)^2 t} \quad (4)$$

Onde D_{ef} é o coeficiente de difusão efetivo ($\text{cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$), t é o tempo de secagem (min) e L representa a espessura da amostra (cm).

2.3 Modelos matemáticos de secagem

Para avaliar a secagem do MSC os dados cinéticos foram ajustados em modelos matemáticos de secagem de produtos agroindustriais conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Modelos aplicados na avaliação da cinética de secagem da semente de melancia.

Nome do modelo	Modelo	Referência
Page	$RU = e^{-kt^n}$	Page (1948)
Midilli	$RU = a e^{-kt^n} + bt$	Midilli, Kucuk e Yapar (2002)
Verma	$RU = a e^{-kt} + 1-a e^{-k_1t}$	Verna, Bucklin, Endan e Wratten (1985)

RU = Razão de umidade; k , k_1 , n , a , b = constantes do modelo de secagem; t = tempo de secagem.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

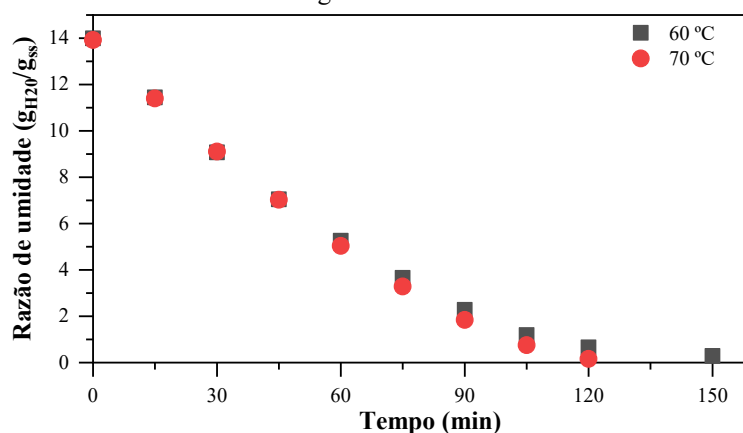
2.4 Análise estatística

Os ajustes dos dados cinéticos aos modelos matemáticos foram avaliados por meio do coeficiente de determinação (R^2) e a raiz do erro médio (RMSE), onde os melhores ajustes são determinado sendo os valores mais próximos de 1 e 0, respectivamente (SANTOS *et al.*, 2021).

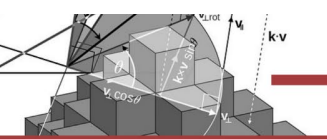
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os constituintes dos produtos agroindustriais podem provocar uma maior barreira na penetração e transferência de calor, aumentando o tempo de secagem dos materiais (GODOI *et al.*, 2020). No processo de desidratação do melão São Caetano, pela análise do Gráfico 1 foi possível observar que o aumento da temperatura de 60 para 70 °C promoveu a redução do tempo de processo de 150 para 120 minutos, respectivamente.

Gráfico 1: Curva de secagem das fatias de melão São Caetano.



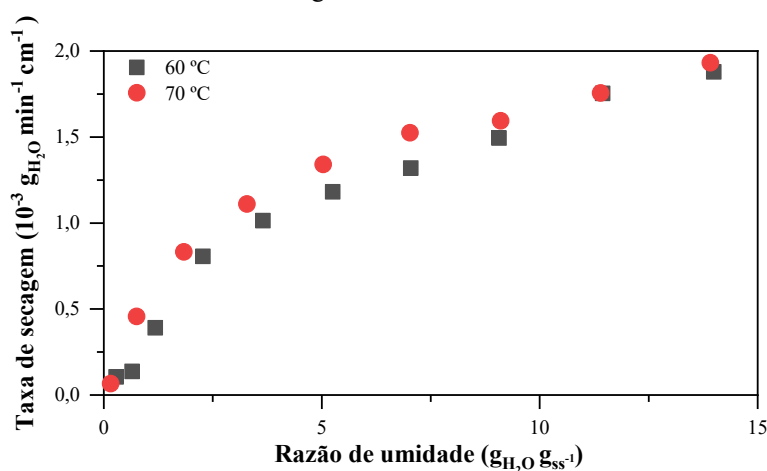
Fonte: Dados da pesquisa (2019).



Este comportamento está associado a exposição das fatias do MSC a uma fonte de calor superior, aumentando a troca de calor e, conseqüentemente, redução do tempo de secagem. Comportamento similar foi observado no aumento da temperatura de secagem da bardana (SANTOS *et al.*, 2022), semente de melancia (SANTOS *et al.*, 2021) e abóbora menina (SANTOS; WERLE, 2021).

Avaliando a taxa de secagem (Gráfico 2) é possível observar que uma maior quantidade de água foi removida das fatias do MSC quando secas a 70 °C, corroborando com o menor tempo de processo discutido anteriormente. Além disso, todo o processo seguir um fluxo decrescente, indicando que o fenômeno de difusão molecular interna é a principal característica do processo de desidratação (SANTOS *et al.*, 2021).

Gráfico 2: Taxa de secagem das fatias de melão São Caetano.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

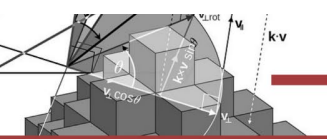
Ajustando os dados experimentais a 2ª Lei de Fick foi possível determinar o coeficiente de secagem (k) e a difusividade efetiva (D_{ef}) do processo, como mostra a Tabela 2. Novamente, o aumento da temperatura promoveu maiores valores de k, gerando maior difusão do material devido ao aumento da troca de calor, permeação da água até a superfície do material e evaporação da umidade (SANTOS; WERLE, 2021).

Tabela 2: Difusividade efetiva (D_{ef}) e Coeficiente de secagem (k) das fatias de melão São Caetano.

Temperatura (°C)	k (min ⁻¹)	D _{ef} (10 ⁻⁹ m ² s ⁻¹)
60	0,025	1,581
70	0,027	1,641

k: constante de secagem. D_{ef}: difusividade efetiva.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).



Produtos agrícolas apresentam valores de D_{ef} entre 10^{-9} e $10^{-11} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (SANTOS; WERLE, 2021), estando conforme aos valores de D_{ef} encontrados nas duas temperaturas avaliadas deste estudo. Ressalta-se que é de extrema importância a avaliação da temperatura ideal de secagem de alimentos, pois, apesar de maiores temperaturas ocasionarem uma redução no tempo de processo, a exposição exacerbada pode provocar a oxidação de fitoquímicos e afetar negativamente as características organolépticas do produto seco (GODOI *et al.*, 2020).

Os coeficientes dos modelos matemáticos de produtos agroindustriais ajustados a cinética de secagem das fatias do MSC são mostrados na Tabela 3. De modo geral, houve bom ajuste dos dados aos modelos, uma vez que os valores de R^2 foram superiores a 0,9767. No entanto, ao avaliar os valores de RMSE, observa-se que o modelo de Midilli melhor representou os dados experimentais, isso porque, os dados estatísticos apresentaram-se inferior a 0,0072. Resultados similares foram apresentados na secagem de grãos de guandu (SILVA *et al.*, 2014), abóbora menina (SANTOS; WERLE, 2021) e bardana (SANTOS *et al.*, 2022).

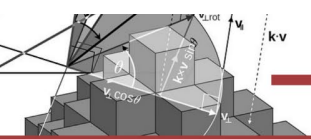
Tabela 3: Coeficientes dos modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais.

Modelo	Parâmetros					
	a	b ($\times 10^{-4}$)	k	n	R^2	RMSE
Midilli						
60 °C	0,9977	-0,001	0,0079	1,1399	0,9991	0,0072
70 °C	0,9981	-0,002	0,0075	1,1224	0,9996	0,0050
Page		k	n	R^2	RMSE	
60 °C		0,0047	1,3218	0,9957	0,0193	
70 °C		0,0036	1,3922	0,9937	0,0231	
Verma	a	k	k_1	R^2	RMSE	
60 °C	-0,1600	10	0,0205	0,9843	0,0343	
70 °C	-0,1814	10	0,0213	0,9767	0,0406	

a, b, k, k_1 : coeficientes do modelo de secagem. R^2 : coeficiente de determinação. RMSE: Raiz quadrada do erro médio.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Como pode ser observado na Gráfico 3, os dados experimentais se ajustaram fielmente ao modelo de Midilli. Este comportamento indica que o modelo de Midilli é capaz de representar o processo de secagem de fatias de MSC nas duas temperaturas avaliadas, auxiliando na determinação de melhores condições de processo, preservação dos constituintes do produto e eficiência energética.



MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z. A. A new model for single-layer drying. **Drying Technology**, 20, p. 1503-1513, 2002. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1081/DRT-120005864>. Acessado em: Fevereiro, 2023.

SANTOS, L. G. dos. *et al.* Comparação da Cinética de Secagem de Maçã Argentina (*Malus domestica* 'RED DELICIOUS') e Maçã Verde (*Malus domestica* 'GRANNY SMITH'). In: **A Produção do Conhecimento nas Ciências da Saúde 2**. [s.l.] : Atena Editora, 2019. a. p. 178–187. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/post/comparacao-da-cinetica-de-secagem-de-maca-argentina-malus-domestica-red-delicious-e-maca-verde-malus-domestica-granny-smith>. Acessado em: Fevereiro, 2023.

SANTOS, L. G. dos. *et al.* Avaliação de Modelos de Secagem e Determinação do Coeficiente Difusivo de Cará (*Dioscorea alata*). In: **As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 4**. [s.l.] : Atena Editora, 2019. b. p. 40–48. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/post/avaliacao-de-modelos-de-secagem-e-determinacao-do-coeficiente-difusivo-de-cara-dioscorea-alata>. Acessado em: Fevereiro, 2023.

SANTOS, L. G. dos; WERLE, L. O. Influência da Temperatura de Secagem de Fatias da Polpa de Abóbora Menina Brasileira nos Parâmetros Cinéticos e Termodinâmicos. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 556–562, 2021. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/REBAGRO/article/view/8761>. Acessado em: Fevereiro, 2023.

SANTOS, L. G. *et al.* Cinética de secagem das sementes de melancia (*Citrullus vulgaris*). In: **A indústria de alimentos e a economia circular: alimentando uma nova consciência**. [s.l.] : Agron Food Academy, 2021. Disponível em: <https://agronfoodacademy.com/9786599539640-34/> Acessado em: Fev. 2023.

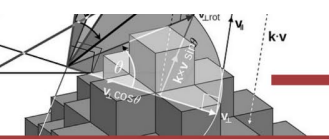
SANTOS, L. G. *et al.* Aplicação de Modelos Matemáticos na Cinética de Secagem da Bardana (*Arctium lappa*). In: **A Indústria de Alimentos e a Economia Circular: Alimentando uma Nova Consciência**. [s.l.] : Agron Food Academy, 2022. Disponível em: <https://agronfoodacademy.com/9786599539640-39/>. Acessado em: Fev. 2023.

SILVA, F. P. da. *et al.* Thermodynamic properties and drying kinetics of Bauhinia forficata Link leaves. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 61–67, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/D66JSJjqDmX99HT4N3mjh8R/?lang=em> Acessado em: Fev. 2023.

SILVA, L. M. de M. *et al.* Modelos de predição da cinética de secagem dos grãos de guandu. **Brazilian Journal of Food Technology**, [s. l.], v. 17, n. 4, p. 310–318, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/TXTCyhJTTfc9CdzFTq4Bpkv/?lang=pt>. Acessado em: Fev. 2023.

PAGE, G. E. **Factors influencing the maximum of air drying shelled corn in thin layer**. Indiana: Purdue University, 1948.

VERNA, L. R. *et al.* Effects of drying air parameters on rice drying models. **Transaction of the ASAE**, p. 28, 296-301, 1985. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=32245>. Acessado em: Fev. 2023.



CAPÍTULO 5

DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CINÉTICOS DA SECAGEM DE RIZOMAS DE AÇAFRÃO (*CURCUMA LONGA L.*)

Ianca Dalila Arguelho Bado
Martinha Oliveira Barros
Nayane Tinno Fonteles
Leandro Osmar Werle
Raquel Manozzo Galante

RESUMO

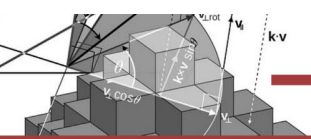
A secagem é um dos processos mais tradicionais utilizados para conservação de alimentos, pois o teor de água presente é reduzido e assim o crescimento microbiológico é minimizado. O gênero *Cúrcuma* é composto por mais de 80 espécies de rizomas, dentre esses se destaca o *Curcuma longa L.* que é originário da Ásia, mas cultivado e amplamente consumido no Brasil. Mundialmente, vem sendo utilizado nos setores têxtil, farmacêutico e alimentício desde a antiguidade. O objetivo deste estudo foi avaliar a cinética de secagem pelo mecanismo da difusão mássica para fatias de açafrão (*Curcuma longa L.*), em um secador de bandejas e determinar tanto o coeficiente de difusividade efetiva quanto a constante de secagem na temperatura de $65^{\circ}\text{C}\pm 2$. O tempo de secagem das fatias de açafrão, até atingir a umidade de equilíbrio, foi de 6 horas. Os parâmetros de difusividade e da constante de secagem, obtidas pela 2ª Lei de Fick foram de $1,0515 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ e $0,020 \text{ min}^{-1}$, respectivamente. O comportamento das curvas de secagem do fruto de açafrão foi semelhante ao da maioria dos produtos agrícolas.

PALAVRAS-CHAVE: Açafrão. Secagem. Secador de bandejas. Cinética.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Cúrcuma* é composto por mais de 80 espécies de rizomas (*POLICEGOUDRA; ARADHYA, 2008*). Dentre esses destaca-se o cúrcuma (*Curcuma longa L.*), também conhecido como açafrão, açafrão da Índia, açafrão da terra, gengibre dourado, mangarataia ou “turmeric”. É uma planta da família *Zingiberaceae*, a qual tem atraído cada vez mais a atenção por seus múltiplos benefícios para a saúde e extensa aplicação em alimentos, cosmetologia e medicina (*FARZANA et al., 2018*). O interesse socioeconômico por essa espécie ocorre devido às suas propriedades alimentícias e medicinais, bem como pela sua forte pigmentação, que confere coloração amarelo mostarda e possibilita sua utilização como corante natural (*SOUZA, 2019; MAJOLO et al., 2014*).

Originária do sudeste da Ásia, mais precisamente das regiões mais tropicais da Índia, a planta é do tipo herbácea e perene. Introduzida no Brasil, é cultivada ou encontrada como subespontânea em vários estados (*CECÍLIO FILHO et al., 2000*). De acordo com Farzana *et al.* (2018) o açafrão tem pelo menos 235 substâncias ativas, incluindo principalmente fenóis e terpenóides, dos quais o curcumin é o ingrediente mais importante representando cerca de 2-



8% do açafão seco. O açafão fresco possui alto conteúdo de água e atividade fisiológica, por isso é propenso a ser contaminado e apodrecido por bactérias (FARZANA *et al.*, 2018). Na área alimentícia, os rizomas do açafão depois de secos são moídos e transformados em pó, ou são extraídos deles óleos essenciais, que podem ser utilizados como corantes naturais, antioxidantes e antimicrobianos, qualidades presentes no seu principal composto, a curcumina (VILELA; ARTHUR, 2008).

Segundo Ferreira (2018) são três os produtos da cúrcuma disponíveis no mercado: a cúrcuma em pó, a oleoresina e a curcumina purificada. Estas formas são as utilizadas para ingestão como corante vegetal em alimentos e bebidas, condimento, flavorizante, e medicamento.

Vilela e Arthur (2008) citam que o açafão tem sido utilizado há tempos como alimento na forma de condimento ou especiaria, devido ao seu forte sabor e à sua coloração amarelada marcante. Porém Filho *et al.* (2000), destaca que a utilização do açafão não se restringe apenas à alimentação, e hoje está presente em diversas áreas da indústria, medicina, agricultura, etc. Segundo Araújo e Leon (2001) na medicina diversas são as utilizações da curcumina, dentre as quais podem-se destacar as propriedades antibacteriana e anti-inflamatória, e a ação contra o vírus HIV e contra tumores.

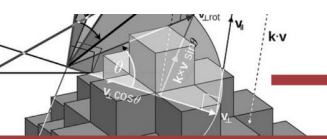
A literatura refere o uso do amido do açafão como amido modificado alternativo na indústria alimentícia com a função de espessante e estabilizante somada às características já amplamente aplicadas de corante e flavorizante (FERREIRA, 2018; LEONEL *et al.*, 2003). Com base no exposto, observa-se um grande interesse pelo uso do açafão e seus derivados, em particular na indústria de alimentos e em novos produtos.

Desta forma, a secagem é um método eficaz para estender a vida útil de prateleira do produto e reduzir os custos de transporte e armazenamento. O objetivo do trabalho foi avaliar a cinética de secagem do açafão (*Curcuma longa L.*) em secador de bandejas convectivo com velocidade de ar constante, determinar a constante de secagem e o coeficiente difusivo de transferência de massa.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Material

O trabalho foi desenvolvido nos laboratórios do Curso de Engenharia de Alimentos, na Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD. O experimento foi realizado utilizando o açafão (*Curcuma longa L.*), oriundo do comércio local do município de Dourados, MS. A



preparação da amostra iniciou-se com o corte e medição de fatias do rizoma de açafrão com espessura de aproximadamente 0,36 cm em forma esférica, com diâmetro médio de 8,1 cm, utilizando uma faca de aço inoxidável e, em seguida, retirou-se sua casca. As amostras cortadas foram dispostas em um vidro relógio, e com auxílio de um paquímetro digital (MTX, Brasil) foi medido o seu diâmetro.

Para a realização dos experimentos foi utilizado um secador convectivo de bandejas (CE-220/630, CIENLAB) com fluxo de ar vertical e entrada superior, ajustando-o na temperatura do ar a 65 ± 2 °C e velocidade do ar constante de aproximadamente 1 m.s^{-1} . As amostras foram pesadas em uma balança analítica digital (OHAUS, Brasil), determinando a umidade inicial e a secagem ocorreu com fluxo de ar paralelamente a superfície das fatias de açafrão.

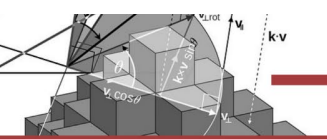
2.2 Determinação das curvas cinéticas de secagem

A determinação da curva cinética de secagem foi realizada conforme procedimento descrito em Bonzi *et al.* (2022). O método consiste em pesagens consecutivas das amostras, analisando o teor de água removido, onde, nas duas primeiras horas de secagem as amostras foram pesadas em intervalos de 15 min, terceira e quarta hora a cada 30 minutos e as demais, a cada 1 h até a obtenção de peso constante ($\pm 0,001$ g), atingindo o teor de umidade em equilíbrio (X_e). Subsequentemente, as amostras permaneceram no secador até completar 24 horas, realizando-se, então, o último registro de massa de sólido seco (W_{ss}).

A umidade inicial e ao longo do tempo (X_t) para as amostras analisadas das fatias de açafrão foram determinadas empregando o peso da água evaporada e do peso final da amostra seca (W_{ss}). Foi construída a curva típica de secagem, plotando-se a umidade em função do tempo, durante o período de secagem.

A razão de umidade (RU) das fatias de açafrão na temperatura avaliada foi definida conforme a Equação 1. Onde RU, X_e e X_0 representam, respectivamente, o teor de umidade do produto ao longo do tempo, teor de umidade em equilíbrio do produto e o teor de umidade inicial do produto, dados em gramas de água por grama de sólido seco ($\text{g}_{\text{H}_2\text{O}} \text{g}_{\text{ss}}^{-1}$) (SILVA *et al.*, 2014).

$$RU = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (1)$$



A taxa de secagem, R_a ($\text{g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{min} \cdot \text{cm}^2$) descrita pela Equação 2, foi obtida a partir do método numérico com a derivação dos dados de umidade em relação ao tempo, onde ΔX corresponde a variação da umidade livre média ($\text{g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{g}_{\text{ss}}$) e Δt a variação do tempo (s), além do peso final da amostra seca (W_{ss}) e da área superficial da amostra em m^2 (A), determinada pela aproximação à área transversal de um cilindro, utilizando o diâmetro médio da amostra.

$$R_a = \frac{W_{\text{ss}} \cdot \Delta X}{A \cdot \Delta t} \quad (2)$$

2.3 Modelagem Matemática

Os dados experimentais foram ajustados de acordo com o modelo descrito pela 2ª Lei de Fick (Equação 3), para a cinética de secagem de alimentos. A partir desta equação foi calculada a difusividade efetiva (D_{ef}) da água do interior das amostras, considerando o material como geometria de placa plana infinita, distribuição uniforme de umidade inicial, temperatura constante de secagem e encolhimento insignificante da amostra, conforme metodologia proposta por Crank (1975).

$$RU = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 D_{\text{ef}} t}{4L^2}\right) \quad (3)$$

De acordo com Menezes *et al.* (2013) e Santos e Werle (2021) longos períodos de secagem, a Equação 3 pode ser simplificada apenas ao primeiro termo, não alterando os resultados da determinação do coeficiente difusivo, conforme mostrado na Equação 4.

$$RU = \frac{8}{\pi^2} e^{-D_{\text{ef}} \left(\frac{\pi}{2L}\right)^2 t} \quad (4)$$

Onde D_{ef} é o coeficiente de difusão efetivo ($\text{cm}^2 \text{min}^{-1}$), t é o tempo de secagem (min) e L representa a espessura da amostra (cm).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão apresentadas as amostras de fatias de açafrão (*Curcuma longa* L) antes e depois da secagem, onde é possível observar mudanças nas características físicas, como o tamanho e a cor das amostras após serem submetidas à secagem de 65°C , resultando em redução de umidade.

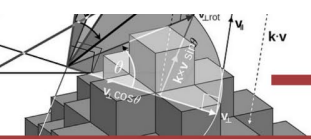
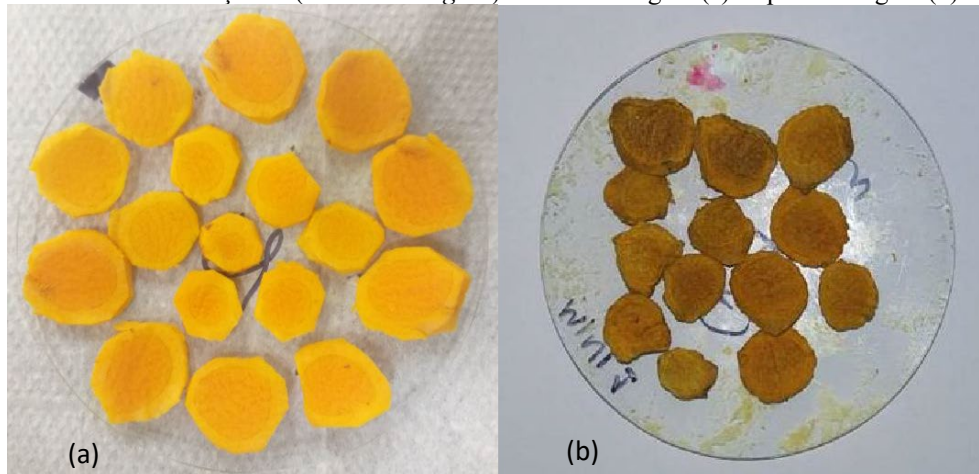


Figura 1: Amostras de açafrão (*Curcuma longa L*) antes da secagem (a) e após a secagem (b) a 65°C.



Fonte: Autoria própria (2019).

A textura é um parâmetro que está relacionado com a qualidade em frutas. Duarte (2012) explica que durante a secagem, pode ocorrer o encolhimento do alimento e alterações nas propriedades mecânicas, e ainda acrescenta que este encolhimento justifica a sua perda de água durante a secagem, fato que pode ocasionar rupturas nas paredes celulares.

O Gráfico 1 apresenta a curva típica de desidratação das fatias de açafrão analisadas, na temperatura de 65°C. A curva de secagem resultante deste experimento apresenta comportamento característico ao da maioria dos produtos agrícolas, onde há maior migração de água nos primeiros minutos de secagem com redução significativa de perda de umidade ao longo do tempo, ou seja, a quantidade de água disponível no alimento foi reduzida, o que explica a baixa variação do peso da amostra após aproximadamente 250 minutos de processo, o que indica o início da estabilidade do processo.

No início da curva tem-se a umidade crítica, que de acordo com Marcinkowski (2006), compreende ao teor de umidade a partir do qual a velocidade de migração de água do interior do produto até a sua superfície é menor do que a velocidade de retirada de água da superfície do produto através do ar de secagem. Ainda, segundo Silva (2008) o teor de umidade de equilíbrio, também conhecido como umidade de equilíbrio higroscópico, é o teor de umidade em um produto quando a pressão do vapor de água é igual à pressão do ar que o envolve, ou seja, não existe nenhum tipo de troca entre eles.

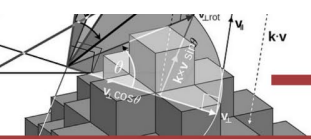
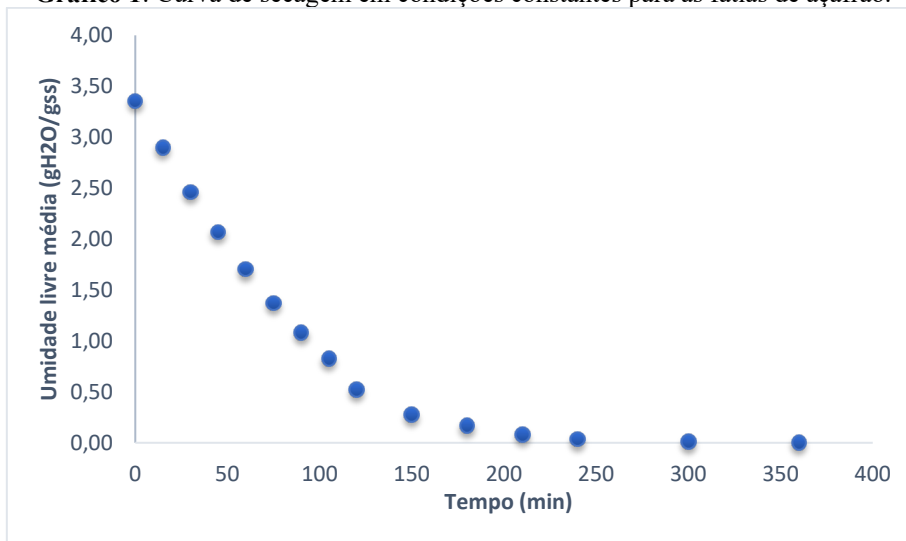


Gráfico 1: Curva de secagem em condições constantes para as fatias de açafão.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Pela análise dos dados contidos no Gráfico 1, obteve-se uma umidade crítica de 3,3559 (gH₂O/gss). A umidade de equilíbrio encontrada para as fatias de açafão na temperatura de 65°C foi de 0,0032 gH₂O/gss. Foram necessárias em torno de 6 horas para que as amostras de açafão secassem até obter massa constante.

A partir da análise do Gráfico 2, que ilustra a taxa de secagem (Ra) em função da umidade livre média da amostra de açafão, observa-se que o processo de secagem das fatias de açafão ocorreu somente em fase decrescente até obter o teor de umidade de equilíbrio, não sendo observado um período de taxa constante. De acordo com Menezes *et al.* (2013) e Santos *et al.* (2021), esse comportamento é decorrente de materiais que apresentam mecanismo físico predominante de difusão molecular interna. Ainda analisando o Gráfico 2, foi possível observar que no início do processo, a remoção de umidade foi significativamente mais elevada quando comparada ao período final do processo. Silvia *et al.* (2009) destacam que o processo de difusão de umidade no interior da amostra para a superfície ocorre por não haver umidade livre na superfície.

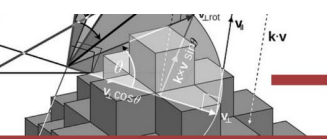
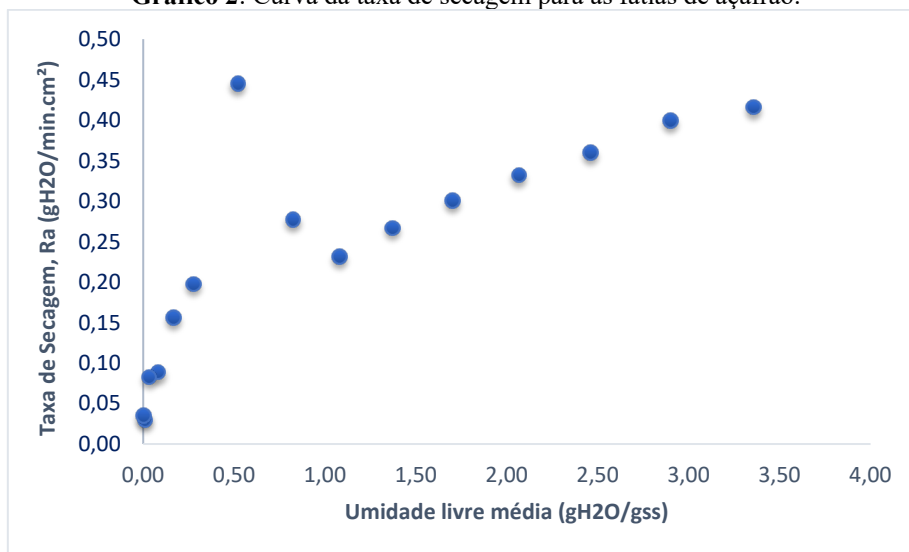


Gráfico 2: Curva da taxa de secagem para as fatias de açafraão.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O parâmetro difusividade do sólido, é uma espécie de indicador, que vem sendo largamente empregado para analisar a transferência de massa e é crucial para que as características físicas, químicas e microbiológicas do alimento sejam preservadas nos padrões de produção, garantindo assim, a qualidade requerida no produto final. O modelo matemático baseado da 2ª Lei de Fick foi ajustado aos dados experimentais da secagem, sendo que resultado pode ser observado no Gráfico 3, para as condições que foram conduzidas os experimentos. Obteve-se um excelente ajuste dos valores experimentais ao modelo matemático empregado, com coeficiente de correlação (R^2) de 0,9909, esse ajuste expressa matematicamente a representatividade da modelagem frente aos dados experimentais da secagem das fatias de açafraão.

A determinação de modelos que represente a cinética de secagem de materiais agrícolas é de grande importância devido a redução da exposição de alimentos a altas temperaturas, menor gasto de processamento, gerando produtos desidratados com melhores qualidades sensoriais e menores perdas de componentes nutricionais dos alimentos (SANTOS *et al.*, 2019).

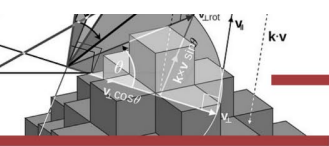
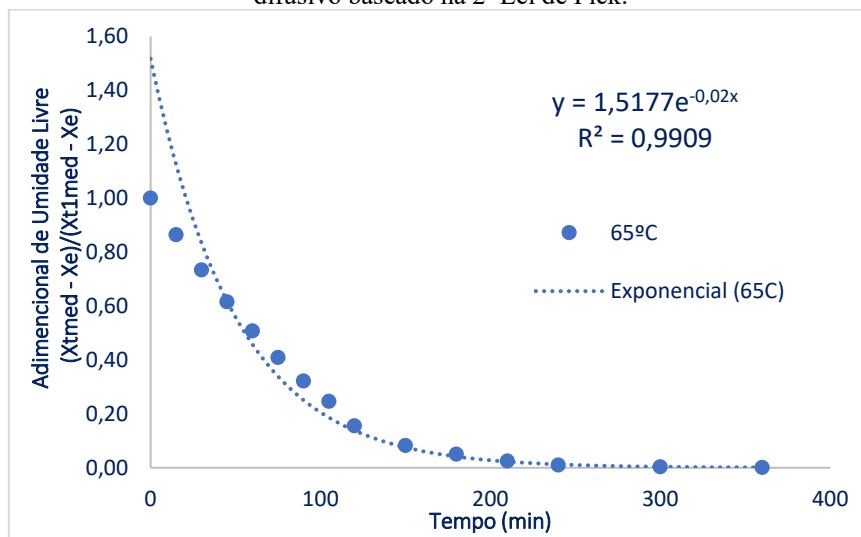


Gráfico 3: Curva da cinética de secagem das fatias de açafrão na temperatura de 65°C com ajuste do modelo difusivo baseado na 2ª Lei de Fick.



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

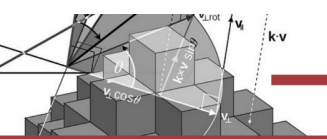
Como mencionado anteriormente, o comportamento das curvas de taxa de secagem das fatias de açafrão ocorre pela difusão interna entre os poros capilares, possibilitando a determinação da constante de secagem e da difusividade efetiva por meio da Segunda Lei de Fick. Portanto, a constante de secagem (k), o coeficiente de difusividade efetiva (D_{ef}) e os parâmetros termodinâmicos obtidos na temperatura avaliada neste estudo, podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros dos modelos ajustados à cinética de secagem das fatias de açafrão na temperatura de 65 °C.

Nome do modelo	Parâmetros	Temperatura (°C)
		60
2ª Lei de Fick	R ²	0,9909
	a	1,5157
	k (min ⁻¹)	0,0200
	Def (cm ² .min ⁻¹)	1,0515x10 ⁻³

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

O coeficiente de difusão (D_{ef}) é uma difusividade efetiva que engloba os efeitos de todos os fenômenos que podem intervir sobre a migração da água e seu valor é sempre obtido pelo ajuste de valores experimentais. Pode-se entender a difusividade como a facilidade com que a água é removida do material. Como a difusividade varia conforme mudam as condições de secagem (temperatura e velocidade do ar), ela não é intrínseca ao material; convencionou-se, então, chamá-la de difusividade efetiva (OLIVEIRA *et al.*, 2006). O estudo de secagem do açafrão demonstra que a uma temperatura de 65°C e com velocidade de circulação de 1 m.s⁻¹ a difusividade efetiva obtida foi de 1,0515x10⁻³ cm².min⁻¹.



Com o emprego da Segunda Lei de Fick ajustada aos dados experimentais, conforme ilustrado através do Gráfico 3, obteve-se a equação exponencial, e por meio dessa equação obteve-se a constante de secagem (k) conforme ilustrada na Tabela 1, no valor de $0,02 \text{ min}^{-1}$. De acordo com Silva *et al.* (2015), os valores de k aumentam com a elevação da temperatura de secagem das amostras. O valor de D_{ef} obtido para as fatias de açafão está dentro da faixa de valores encontrados na literatura para a temperaturas avaliada deste estudo.

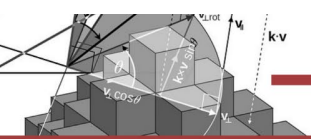
De acordo com Song (2013), o coeficiente de difusão ou difusividade efetiva reflete a capacidade de desidratação do material em determinadas condições de secagem, e é um dos parâmetros mais importantes para otimizar o processo de secagem.

4. CONCLUSÃO

A partir do estudo da cinética de secagem de fatias de açafão foi possível determinar que o tempo de secagem para este produto atingir a umidade de equilíbrio foi de 6 horas para uma temperatura de 65°C . A curva de secagem obteve comportamento cinético característico de produtos agroindustriais, apresentando taxa decrescente sem apresentar um período de taxa constante de secagem, fato decorrente de materiais que apresentam mecanismo físico predominante de difusão molecular interna. O processo de secagem do açafão foi eficiente, pois a umidade de equilíbrio encontrada foi próxima de zero, e a difusividade efetiva obtida pela 2ª Lei de Fick está na mesma ordem da encontrada na literatura. Os parâmetros da constante de secagem (k) e o coeficiente de difusividade difusividade efetiva encontrados foram de $0,020 \text{ min}^{-1}$ e $1,0515 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$, respectivamente. O modelos difusivo da 2ª Lei de Fick pode ser considerado adequado e preciso na representação da cinética de desidratação para as fatias de açafão, fato constatado pelo excelente ajuste do modelo aos dados experimentais. O comportamento das curvas de secagem do açafão foi semelhante aos da maioria dos produtos agrícolas.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, C. A. C.; LEON, L. L. “Biological Activities of Curcuma longa L”. **Memórias do Instituto Oswaldo, Cruz Mem. Inst.** Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 96, n. 5, p. 723-728, July 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mioc/a/w5RscYLJtTTFsCT8XYMCm9P/?lang=en>. Acessado em: Fev. 2023.



BONZI, J. I. S *et al.* Influência da temperatura na secagem da casca do mangostim (*Garcinia mangostana*) e avaliação de modelos matemáticos - **Revista Brasileira de Agrotecnologia**. V. 11, Nº 2, p. 556-562, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/51430>. Acessado em: Fev. 2023.

CECÍLIO FILHO, A. B. *et al.* Cúrcuma: planta Medicinal, condimentar e de outros usos potenciais. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2000, v. 30, n. 1, p. 171-175, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/JGXyLgLPDmJHg8j7ssygmzF/?format=pdf&lang=pt>. Acessado em: Fev. 2023.

CRANK, J. **The mathematics of diffusion** (2nd ed.). Oxford University Press. 1975.

DUARTE, A. R. **Variabilidade química de óleos essenciais e do teor de fenóis em folhas e frutos de jaboticabeira (*myrciaria cauliflora*)**. p. 83 Tese (Doutorado em Química). Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2012. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/1024>. Acessado em: Fev. 2023.

FARZANA, W.; PANDIARAJAN, T.; GANAPATHY, S. Development of mobile boiling system for turmeric (*Curcuma longa*). **Innovative Food Science e Emerging Technologies**, v. 47, p. 428–438, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856418302145>. Acessado em: Fev. 2023

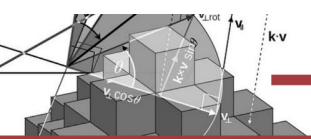
FERREIRA, P. P. **Extração, caracterização e aplicação de fécula de açafrão (*Curcuma Longa L.*) no desenvolvimento de biscoito**. 2018. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/71/o/dissertacao_priscylla_corrigida_2014.pdf Acessado em: Fev. 2023.

FILHO, A. B. C. *et al.* “Cúrcuma: Planta Medicinal, Condimentar e de Outros Usos Potenciais”. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 171-175, 2000. Disponível: <https://www.scielo.br/j/cr/a/JGXyLgLPDmJHg8j7ssygmzF/?format=pdf&lang=pt> , Acessado em: Fev. 2023.

LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; CEREDA, M. P. New starches for the food industry: *Curcuma longa* and *Curcuma zedoaria*. **Carbohydrate Polymers** v. 54 p. 385–388, 2003. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861703001796?casa_token=Wjg-LbpXUwAAAAA:IQXyCjfZEt3S_jHD2UEsURS1UP4F9GTeYjc7Cc0ERDWsECCAVv13EWmgi8p11MK07brRmOuytw Acessado em: Fev. 2023.

MAJOLO, C. *et al.* Atividade antimicrobiana do óleo essencial de rizomas de açafrão (*Curcuma longa L.*) e gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) frente a salmonelas entéricas isoladas de frango resfriado. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v.16, n.3, p. 505-512, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/ZyPPPy3zpkXsYBdHqB8MCFP/?format=pdf&lang=pt>. Acessado em: Fev. 2023.

MARCINKOWSKI, E. A. **Estudo da cinética de secagem, curvas de sorção e predição de propriedades termodinâmicas da proteína texturizada de soja**. 128f. Dissertação (Mestrado



em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/13433>. Acessado em: Fev. 2023.

MENEZES, M. L. *et al.* Análise da cinética e ajustes de modelos matemáticos aos dados de secagem do bagaço do maracujá-amarelo. **Engevista**, v. 15, n. 2, p. 176, 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/75218289-Estudo-da-cinetica-de-secagem-do-bagaco-do-maracuja-amarelo.html>. Acessado em: Fev. 2023.

OLIVEIRA, R. A.; OLIVEIRA, W. P.; PARK, K. J. Determinação da difusividade efetiva de raiz de chicória. *Engenharia agrícola*, v.26, p.181-189, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/r3Vt5dkvDwv9hQTMGTLmjt/?lang=pt&format=pdf>. Acessado em: Fevereiro, 2023.

POLICEGOUDRA, R. S.; ARADHYA, S. M. Structure and biochemical properties of starch from an unconventional source - Mango ginger (*Curcuma amada Roxb.*) rhizome. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 22, p. 513–519, 2008. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0268005X07000227?token=15D660C7CAD5A01014CEB2F5C9B19E04637009E41DED5C6551D5EAED34B029A6DB7306D29262A752F2F936C8287226A5&originRegion=us-east-1&originCreation=20230225052924>. Acessado em: Fev 2023

SILVIA, A. S. *et al.* Cinética de secagem em camada fina da banana maçã em secadora de leito fixo. **Rev Bra. De Prod. Agro.** Campina Grande, v.11, n.2, p.129-136, 2009. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/13980>. Acessado em: Fev. 2023

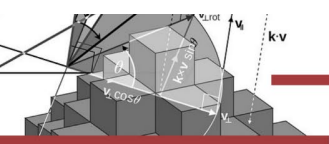
SILVA, L. M. M. *et al.* Modelos de predição da cinética de secagem dos grãos de guandu. **Braz. J. Food Technol.** v. 17, n. 4, p. 310-318, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/XTTCyhJTTfc9CdZFTq4Bpkv/abstract/?lang=pt>. Acessado em: Fev. 2023.

SANTOS, L. G. *et al.* O. Cinética de secagem das sementes de melancia (*Citrullus vulgaris*). In: **A indústria de alimentos e a economia circular: alimentando uma nova consciência**. [s.l.] :Agron Food Academy, 2021. Disponível em: <https://agronfoodacademy.com/9786599539640-34/> Acessado em: Fev. 2023.

SANTOS, L. G. dos, WERLE, L. O. Influência da temperatura de secagem de fatias da polpa de abóbora menina brasileira nos parâmetros cinéticos e termodinâmicos. **Rev Bras Agrotecnologia**. 2021;11(2):556–62. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/REBAGRO/article/view/8761>. Acessado em: Fevereiro, 2023.

SANTOS, L. G. dos. *et al.* **Comparação da cinética de secagem de maçã argentina (*Malus domestica* ‘RED DELICIOUS’) e maçã verde (*Malus domestica* A ‘GRANNY SMITH’)**. (eds.). Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. cap. 21, p. 178–187. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/post/comparacao-da-cinetica-de-secagem-de-maca-argentina-malus-domestica-red-delicious-e-maca-verde-malus-domestica-granny-smith>. Acessado em: Fevereiro, 2023.

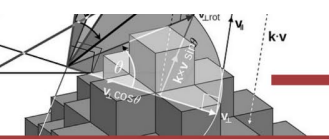
SILVA, J. S; LACERDA, F. A. F.; BERBERT, P.A. Secagem e armazenamento de produtos agrícolas. Viçosa, **Aprenda Fácil**, p. 327, 2008. Disponível em:



https://issuu.com/juarezufv/docs/cap_tulo_17_2013. Acessado em: Fevereiro, 2023.

SOUZA, S. A. **Produtividade agroeconômica e bromatologia das plantas de açafrão da terra em função do cultivo com diferentes números de fileiras e de amontoas**. 2019. 71f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2019. Disponível em: <https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOUTORADO-AGRONOMIA/Teses%20Defendidas/Sidnei%20Azevedo%20de%20Souza.pdf>. Acessado em: Fev. 2023..

VILELA, C. A. A.; ARTUR, P. O. Secagem do açafrão (*Curcuma longa L.*) em diferentes cortes geométricos. **Ciênc. Tecnol. Alimentos**, Campinas, 28(2): p. 387-394, abr.-jun. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/fs8yq9CdXNbRrFkp6DfmN8D/?lang=pt> Acessado em: Fev. 2023.



corresponde a frequências de 60, 80, 90 ou 100 MHz para ressonância de hidrogênio (SILVERSTEIN; WEBSTER; KIEMLE, 2013).

Foi observado, nos cinco anos seguintes da sua descoberta, que a absorção das radiofrequências (RF) pelo núcleo a partir de um campo magnético impunha influências sobre o ambiente molecular. Logo, essa influência estaria relacionada com a estrutura molecular (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

O uso da ressonância magnética nuclear veio como uma alternativa para fornecer informações sobre a conformação das moléculas, propriedades estruturais e dinâmicas das moléculas em relação a suas alterações químicas e parâmetros de relaxamento. Pode ser aplicado para determinação da pureza, rendimento percentual enantiomérico, razão isotópica, uso em materiais sintéticos e na química de produtos naturais (SINGH; BLUMICH, 2016), estudos biomoleculares, imagiologia médica, testes em novos materiais, análise de poços geológicos (BLUMICH, 2016).

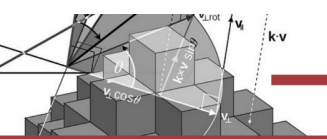
A espectroscopia de RMN é uma técnica bastante poderosa e não invasiva que fornece dados em nível molecular (YANG *et al.*, 2016). Consiste na aplicação de um campo magnético intenso sobre o núcleo de uma amostra que irá favorecer mudanças entre os níveis energéticos correspondentes a partir das diferentes orientações do spin nuclear. Desse modo, o requisito básico para a utilização de um equipamento de RMN é a aplicação de um campo magnético forte e homogêneo sobre uma amostra (GONSALVES; MELO; PINHO, 2007).

O espectro de RMN surge em função da intensidade de absorção, ou emissão, em relação à frequência. Para isso, são utilizadas baixas frequências, na faixa de 10 a 800 MHz, que correspondem a comprimentos de onda na faixa de 30 m a 40 cm (KEELER, 2009).

Um equipamento de ressonância nuclear que opera no modo de varredura contínua é constituído por: unidade de controle, imã (eletroímã ou imã permanente), bobina de transmissão e bobina de varredura. Essas bobinas servem como antenas de radiofrequências (SILVERSTEIN; WEBSTER; KIEMLE, 2013).

São feitas medidas em relação ao deslocamento químico, tempo de relaxação da rede de spins (T1) e tempo de relaxação spin-spin (T2). O tetrametilsilano (TMS) é geralmente utilizado como amostra padrão (YANG *et al.*, 2016) para baixas temperatura e o hexametildisiloxano (HMDS) para uso em altas temperaturas (CANEVAROLO JR., 2003).

A escolha do TMS como amostra padrão se deve ao fato do composto possuir prótons idênticos, sendo sua constante de blindagem maior que grande parte dos outros prótons.



Originando, assim, um pico único, estreito para altos campos aplicados e isolado dos outros compostos. Sendo ainda inerte, solúvel na maioria dos solventes orgânicos e de remoção fácil das amostras (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

A amostra, geralmente uma solução em solvente deuterado, é colocada em um tubo de vidro de 5 mm de diâmetro, e acondicionada em um porta amostra (probe). Ficam situadas próximo ao probe as bobinas transmissoras e receptoras. É adicionado sobre o tubo ar comprimido que provocará rotação em torno do eixo vertical (SILVERSTEIN; WEBSTER; KIEMLE, 2013).

Os solventes não podem apresentar picos de ressonância na região espectral de interesse. O solvente deuterado apresenta sinal de frequência do deutério em uma região que não interfere na medida do sinal (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

Desse modo, foi elaborada uma breve revisão sobre a técnica de RMN e a sua aplicação direta para os materiais poliméricos como uma técnica espectroscópica de elevada importância para essa classe de materiais.

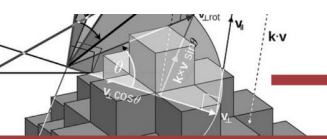
2. PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS

A aplicação de um campo faz com que ocorra o alinhamento dos núcleos atômicos em direção a este campo, ocorre então, absorção de energia e mudança na orientação dos spins em relação ao campo aplicado (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

Desse modo, esta técnica aproveita-se de a propriedade de certos núcleos apresentarem momentos magnéticos não nulos e, conseqüentemente, spins (CANEVAROLO JR., 2003). Qualquer núcleo atômico que possua número de massa (A) ímpar ou número atômico (Z) ímpar, ou ambos, possuirá um momento angular de spin e um momento magnético (PAVIA *et al.*, 2010), ou seja (CANEVAROLO JR., 2003):

- Se A e Z são pares, $I = 0$;
- Se A é ímpar e Z ímpar ou par, $I = 1/2, 3/2, 5/2$, etc;
- Se A é par e Z ímpar, $I = 1, 2, 3$, etc.

Os núcleos que possuem spin têm momento angular p , e a componente máxima observável do momento angular é quantizada e precisa ser um número inteiro ou semi-inteiro, múltiplo de $h/2\pi$, sendo h a constante de Planck (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).



Os núcleos mais comuns que possuem spin, são: ${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$, ${}^{13}_6\text{C}$, ${}^{14}_7\text{N}$, ${}^{17}_8\text{O}$ e ${}^{19}_9\text{F}$ (PAVIA *et al.*, 2010). Para a técnica de RMN os espectros mais utilizados são: ${}^1\text{H}$, ${}^{13}\text{C}$ e ${}^{19}\text{F}$ e ${}^{31}\text{P}$ (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

O número quântico de spin desses núcleos é $\frac{1}{2}$, tendo, desse modo, dois estados de spin que correspondem a $I = +1/2$ e $I = -1/2$. Podem existir, para núcleos mais pesados, spins que vão desde o zero (ausência de componentes de spins), até no mínimo $9/2$ (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

Para cada núcleo com spin existe um número máximo de componentes de estados de spins permitidos que poderão ser quantizados e, é denominado número quântico de spin nuclear I . Sendo, para cada núcleo a existência de $2I + 1$ estados de spins permitidos, que vão de $+I$ a $-I$ (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009; PAVIA *et al.*, 2010):

$$+I, (I-1), \dots, (-I+1), I \quad (1)$$

O momento magnético μ e o spin estão relacionados de acordo com a equação a seguir:

$$\mu = \frac{h\gamma}{2\pi} I \quad (2)$$

Onde h é a constante de Planck e γ é a constante giromagnética.

Diferenças na constante giromagnética provoca alterações nas frequências observadas para diferentes núcleos em espectrômetros distintos (SANDERS; HUNTER, 2007).

Quando um núcleo é submetido a um campo magnético forte, o seu momento magnético, μ , tem a tendência a se alinhar com o campo aplicado, favorecendo mudanças energéticas. Não ocorre paralelismo entre o núcleo e o campo, ocorrendo precessão no seu movimento, conforme Figura 1 (CANEVAROLO JR., 2003; HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

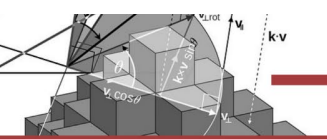
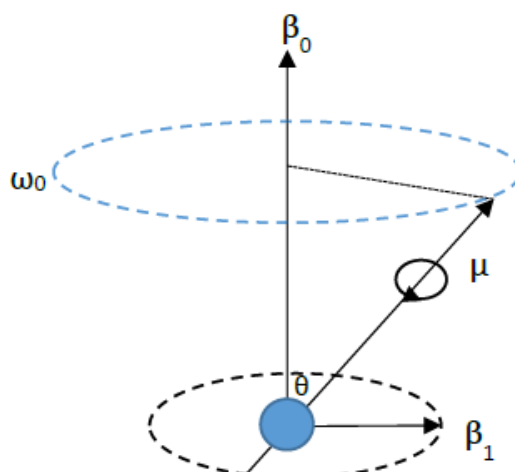


Figura 1: Momento magnético nuclear (μ) na presença de um campo magnético (B_0).



Fonte: (CANEVAROLO JR., 2003; HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

A carga de magnetização, a partir da aplicação de um campo magnético, é a soma das magnetizações dos spins individuais. Quando aplicada, essa carga de magnetização irá se alinhar com o campo estático e, permanecerá, até que ocorra alguma perturbação do sistema. A magnetização será gerada pelo spin nuclear, e seu comportamento será idêntico a um giroscópio em um campo gravitacional (SANDERS; HUNTER, 2007).

Devido a esse efeito giroscópico, quando aplicada uma força no eixo de rotação, o movimento irá ocorrer perpendicular ao plano, movendo-se em trajetória circular. Ou seja, o movimento rotacional da partícula precessa em torno do vetor do campo B_0 aplicado. A velocidade angular ω , é dada por (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009):

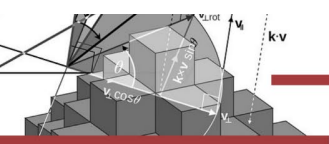
$$\omega = \gamma B_0 \quad (3)$$

Onde ω é dado em radianos/segundo.

A velocidade angular pode ser convertida em frequência de precessão, ν_0 , chamada de frequência de Larmor, logo (PAVIA *et al.*, 2010):

$$\nu_0 = \frac{\gamma B_0}{2\pi} \quad (4)$$

Sendo assim, quando a frequência do componente do campo elétrico oscilatório da radiação que está entrando for igual ou equivalente à frequência do campo elétrico gerado pelo núcleo que está precessando, pode ocorrer acoplamento, podendo ocorrer transferência de energia da radiação para o núcleo, favorecendo uma mudança de spin. Quando ocorre está



situação, diz que o núcleo entra em ressonância com a onda eletromagnética incidente. Logo, a ressonância ocorre quando $v=w$ (PAVIA *et al.*, 2010).

2.1 Densidades populacionais dos spins

Ao expor um núcleo a uma radiação de frequência adequada, ocorrerá absorção se houver algum excesso de núcleos em um estado de baixa energia que está presente em um campo magnético intenso (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

Esse excesso populacional dos spins presentes no núcleo é o que faz com que ocorra ressonância. Caso as populações dos estados mais altos e mais baixos forem iguais, haverá diminuição do sinal aproximando-o do zero, é o que se chama saturação. Essa saturação ocorre caso as radiofrequências emitidas sejam muito altas (PAVIA *et al.*, 2010).

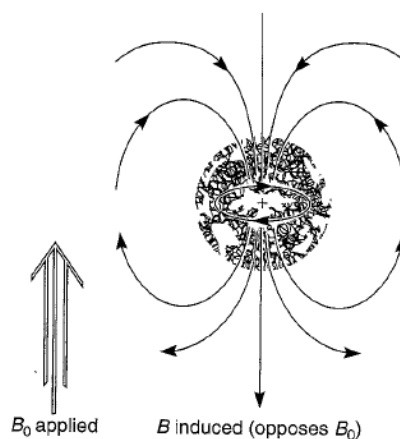
Logo, para que esse fenômeno não ocorra, a velocidade de relaxação dos núcleos excitados para o estado de menor energia deve ser tão grande ou maior do que a velocidade na qual absorvem a energia das radiofrequências (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009). Se a frequência for aumentada, aumentará também a energia entre os dois estados, favorecendo o excesso populacional (PAVIA *et al.*, 2010).

Sendo assim, o aumento da frequência possibilita aos núcleos sofrerem transições mais rápidas, aumentando, desse modo, os sinais da ressonância (PAVIA *et al.*, 2010).

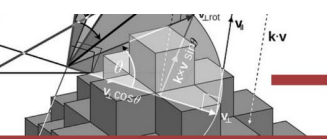
2.2 Blindagem e deslocamento químico

Os elétrons que estão ligados aos prótons produzem um campo elétrico secundário, chamada de corrente diamagnética local, essa corrente faz com que o núcleo fique sobre um efeito de campo resultante menor, blindando o núcleo (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009; PAVIA *et al.*, 2010), o comportamento da blindagem pode ser observado na Figura 2.

Figura 2: Blindagem do núcleo causado pela circulação de elétrons de valência.



Fonte: (PAVIA *et al.*, 2010).



A blindagem do núcleo está relacionada a densidade eletrônica ao seu redor, e essa densidade influencia a força do campo magnético aplicado. O campo induzido será maior, quanto maior for a densidade eletrônica do núcleo. Como cada próton está em um ambiente químico diferente, a frequência de ressonância também será diferente (PAVIA *et al.*, 2010).

Essa diferença na ressonância dos núcleos ocorre porque os prótons de uma molécula estão com elétrons a sua volta, além disso, estão em ambientes eletrônicos (magnéticos) distintos em relação aos outros (PAVIA *et al.*, 2010).

Com isso, a medida da variação relativa da frequência de ressonância de uma amostra em comparação a uma outra amostra de referência é chamada de deslocamento químico (δ) (YANG *et al.*, 2016).

$$\delta = \left(\frac{\nu_{amostra} - \nu_{referência}}{\text{frequência do espectrômetro (Hz)}} \right) \times 10^6 [\text{ppm}] \quad (5)$$

A magnitude da mudança química é muito baixa, sendo, portanto, a sua unidade feita em parte por milhão (ppm) (YANG *et al.*, 2016), e por isso, o resultado do deslocamento químico é multiplicado por 10⁶ (KEELER, 2009).

Durante a aplicação de uma frequência constante ν_0 , nem todos os núcleos do mesmo tipo irão indicar ressonância com o campo magnético B_0 . O deslocamento químico, com isso, age blindando o núcleo pelos elétrons no campo aplicado (CANEVAROLO JR., 2003).

O deslocamento químico também é utilizado para identificar grupos funcionais e determinar os seus arranjos estruturais. Sendo possível essa identificação a partir da correlação entre a estrutura e o deslocamento. Na estão ilustrados alguns exemplos de grupos funcionais nas regiões em que surgem as suas bandas (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

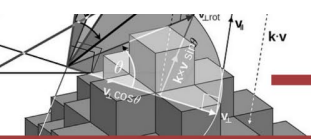


Tabela 1: Deslocamento químico aproximado para metila, metileno e metino.

Estrutura	δ , ppm		
	M = CH ₃	M = CH ₂	M = C _H
Substituintes α alifáticos			
M-Cl	3,0	3,5	4,0
M-Br	2,7	3,4	4,1
M-NO ₂	4,3	4,4	4,6
M-OH (ou OR)	3,2	3,4	3,6
M-O - C ₆ H ₅	3,8	4,0	4,6
M-OC(=O)R	3,6	4,1	5,0
M-C=C	1,6	1,9	-
M-C \equiv C	1,7	2,2	2,8
M-C(=O)H	2,2	2,4	-
M-C(=O)R	2,1	2,4	2,6
M-C(=O)C ₆ H ₅	2,4	2,7	3,4
M-C(=O)OR	2,2	2,2	2,5
M-C ₆ H ₅	2,2	2,6	2,8
Substituintes β alifáticos			
M-C-Cl	1,5	1,8	2,0
M-C-Br	1,8	1,8	1,9
M-C-NO ₂	1,6	2,1	2,5
M-C-OH (ou OR)	1,2	1,5	1,8
M-C-OC(=O)R	1,3	1,6	1,8
M-C-C(=O)H	1,1	1,7	-
M-C-C(=O)R	1,1	1,6	2,0
M-C-C(=O)OR	1,1	1,7	1,9
M-C-C ₆ H ₅	1,1	1,6	1,8

Fonte: (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

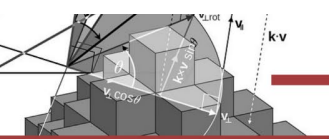
a. RMN 1H

Nas medidas realizadas por RMN de 1H a área do sinal de um espectro é diretamente proporcional ao número do hidrogênio presentes no composto que conseguirão absorver energia na radiofrequência do sinal (SANTOS; COLNAGO, 2013).

A RMN de prótons é bastante utilizada para identificação estrutural de moléculas orgânicas, organometálicas e bioquímicas, além de ser aplicado para quantificação de espécies (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

A aplicação da RMN 1H apresentam características que o fazem ser uma análise interessante, quais sejam (CANEVAROLO JR., 2003):

1. Fácil obtenção de análises quantitativas;
2. Análise rápida;
3. Alta sensibilidade, sendo por isso, muito aplicada em biopolímeros;
4. O acoplamento escalar 1H-1H favorece a interpretação dos resultados;
5. OH e NH que não são observados em 13C, são em 1H;
6. Os prótons olefínicos que surgem na faixa entre 4,8 e 6,8 ppm se diferenciam da região dos aromáticos (6,8 a 8,0 ppm), fato que não ocorre no 13C.

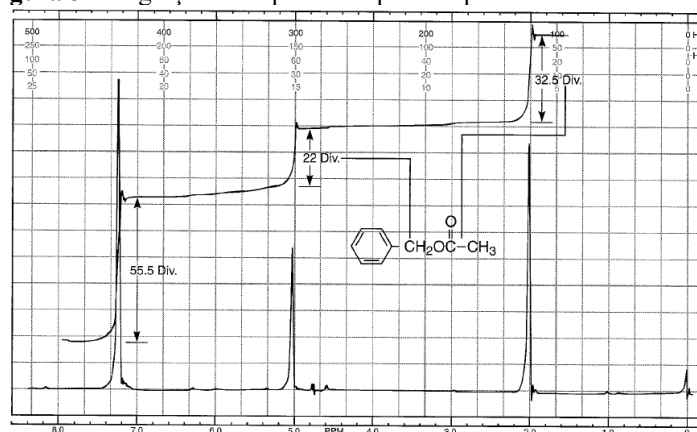


No entanto, a RMN ^1H apresenta uma desvantagem que é a sua pequena faixa de deslocamento químico na ordem de 10 ppm (CANEVAROLO JR., 2003), o que pode provocar a sobreposição de picos nessa faixa (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

Como mencionado anteriormente, a característica principal de um espectro de RMN de prótons é a sua proporcionalidade entre a área do pico e a quantidade de núcleos que favoreceram a formação do pico. É justamente essa proporcionalidade que favorece uma análise quantitativa dos constituintes de determinada amostra. Desse modo, consegue-se determinar grupos funcionais e a quantidade exata de hidrogênios presentes em um composto (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

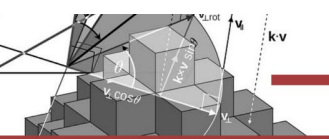
No RMN de prótons (^1H) a integração da área dos picos dará uma proporção do número de prótons presentes no grupo funcional (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009; SILVERSTEIN; WEBSTER; KIEMLE, 2013). Na Figura 3 está presente o espectro de prótons do acetato de benzila e suas respectivas integrais.

Figura 3: Integração do espectro de prótons para o acetato de benzila.



Fonte: (PAVIA *et al.*, 2015).

A altura da linha da integral oferece informações relativas sobre o tipo de hidrogênio. Observando os valores: 55,5 para a primeira integral, 22 para a segunda e 32,5 para a terceira. Dividindo todos os valores pela menor razão da integral com a razão 2,52:1,00:1,48, multiplicando por 2 obterá um valor inteiro que corresponde à 5:2:3. Com isso, ficará observado 5 prótons para a primeira integral referindo-se aos prótons dos anéis aromáticos. Em 2,0 ppm refere-se à três prótons da metila e em 5,0 ppm relaciona-se com os prótons benzila (PAVIA *et al.*, 2010).



2.4. RMN 13C

A RMN de carbono-13 foi desenvolvida em 1957, mas, em 1970 com o surgimento de equipamentos sensíveis para a medida de núcleos de ^{13}C sua aplicação foi intensificada (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

Grande parte dos estudos sobre polímeros utilizam esta técnica para determinação da taticidade em homopolímeros, regiorregularidade, determinação das sequências em copolímeros e terpolímeros, cálculo das razões de reatividade e determinação de mecanismos de reação (CANEVAROLO JR., 2003).

Do espectro de ^{13}C pode-se ainda retirar informações sobre o número de carbonos não equivalentes, e também identificar quais os tipos de átomos de carbono presentes em um composto, por exemplo: metila, metileno, aromático, carbonila (PAVIA *et al.*, 2010).

A espectroscopia de RMN utilizando ^{13}C apresenta uma desvantagem no seu uso, que está relacionado com a presença do isótopo ^{13}C na natureza, que chega, apenas, a 1,1 %, acarretando menor sensibilidade deste núcleo. O ^{12}C está presente em 98,9% dos compostos de carbono, porém é magneticamente inerte (MACEDO JR., 2007), e com isso, inativo em RMN (PAVIA *et al.*, 2010).

A utilização da RMN ^{13}C foi sendo possível devido a uma melhoria na qualidade do sinal devido à imãs de alta intensidade e aplicações de novas ferramentas, como o uso de instrumentos com transformada de Fourier (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

Com a RMN ^{13}C pode-se obter informações sobre o esqueleto da molécula, e como a faixa de deslocamento químico é na faixa de 200 ppm, ocorrerá menos sobreposições no espectro. Para átomos de carbono em compostos com massa molar entre 200 a 400 consegue-se observar ressonâncias individuais para cada átomo (HOLLER; SKOOG; CROUCH, 2009).

Um parâmetro importante para o espectro ^{13}C é o deslocamento químico que surge numa faixa entre 0 a 220 ppm. Como essa faixa é muito extensa, os átomos de carbono não equivalentes vão gerar um único pico com deslocamentos distintos, sem que ocorra sobreposição (PAVIA *et al.*, 2010). A Figura 4 mostra os deslocamentos típicos para o espectro ^{13}C .

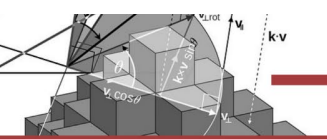
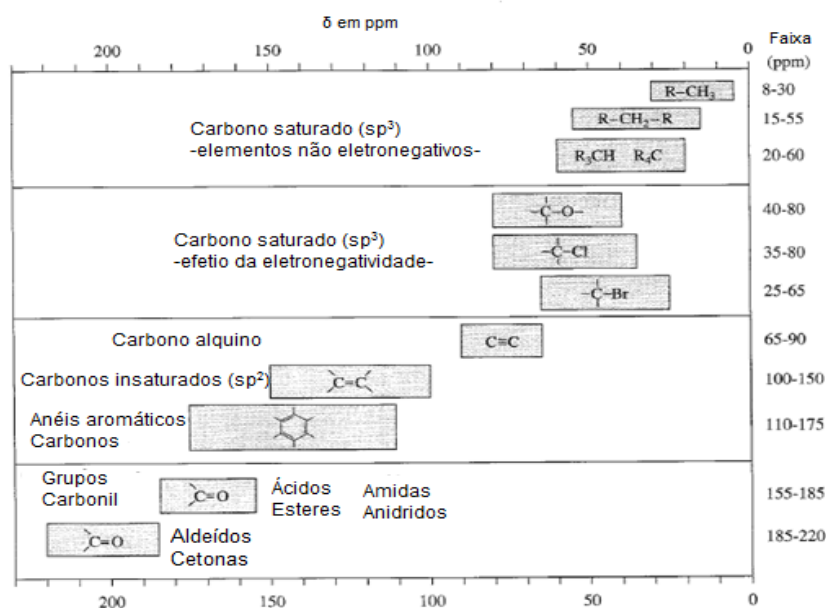


Figura 4: Deslocamentos químicos típicos para o ^{13}C .



Fonte: (PAVIA *et al.*, 2010).

De acordo com o gráfico de correlação, no campo mais alto (8 a 60 ppm) estão presentes os átomos de carbono saturado, em seguida estão os átomos eletronegativos (40 a 80 ppm). Entre 100 a 175 ppm estão os átomos de carbono em anel aromático e alcenos, e entre 155 e 220 ppm estão os átomos de carbono de carbonila (PAVIA *et al.*, 2010).

3. REVISÃO DA LITERATURA SOBRE APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE RMN EM MATERIAIS POLIMÉRICOS.

A utilização da espectroscopia de ressonância magnética nuclear será exemplificada, a seguir, a partir de pesquisas que utilizaram desta técnica em diversas aplicações.

Choothong e colaboradores (2017) observaram a efeito da brominação na borracha natural e analisaram seus sinais por RMN ^1H e ^{13}C . A brominação da borracha natural (BrDPNR) foi realizada com adição do N-bromosucinamida (NBS). Foram preparados filmes por casting a partir do látex. Em seguida, foram cortados em pedaços pequenos, dissolvidos em clorofórmio, adicionado o NBS agitado em temperatura de 303 K. Por fim, a amostra foi lavada e deixada secar sobre temperatura e pressão. Para o RMN ^{13}C foi utilizada uma frequência de 100 MHz e tempo de relaxação de 3,68 s. Para o RMN ^1H foi utilizado uma frequência de 399,65 MHz e tempo de relaxação de 4,24 s. Os espectros de RMN ^1H e RMN ^{13}C para a borracha natural e borracha brominada (BrDPNR) podem ser observadas na Figura 5 e Figura 6.

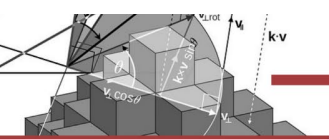
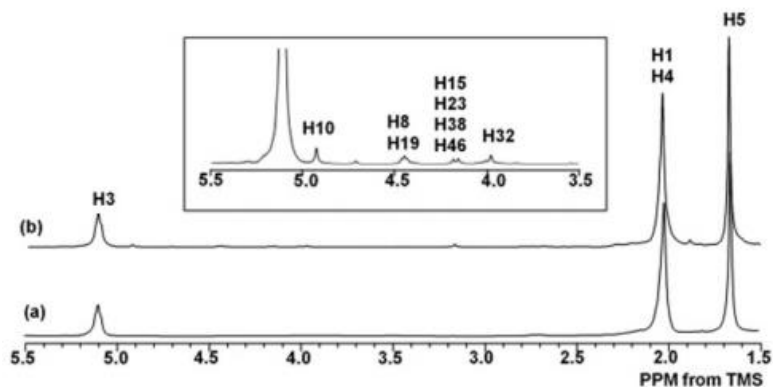
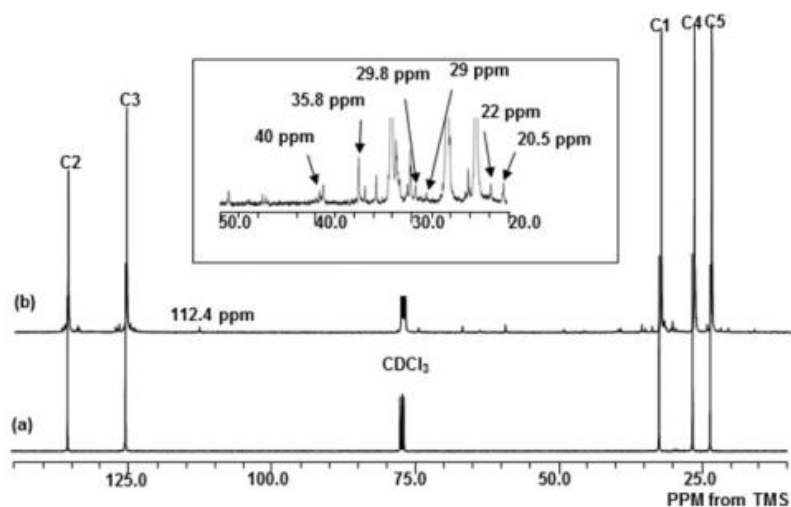


Figura 5: Espectro de RMN ¹H da (a) borracha natural e (b) BrDPNR.



Fonte: (CHOOOTHONG *et al.*, 2017).

Figura 6: Espectro de RMN ¹³C da (a) borracha natural e (b) BrDPNR.

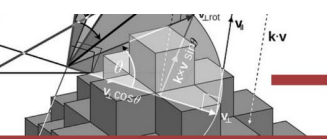


Fonte: (CHOOOTHONG *et al.*, 2017).

A partir do espectro ¹H s três maiores picos estão relacionados com metil (H5), metileno (H1 e H4) e metina (H3). Após brominação surgiram pequenos sinais em 4,92 ppm (metileno insaturado), 3,98 ppm (metileno), 4,16 e 1,44 relacionado a metina.

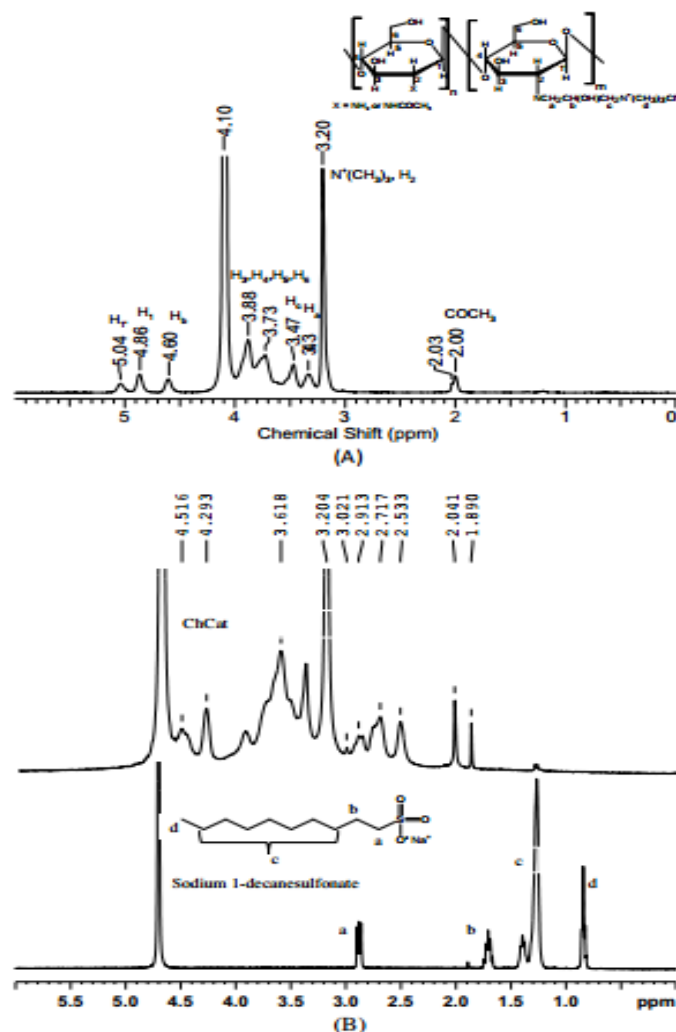
Para o RMN ¹³C os sinais característicos da borracha natural surgiram em 23,5, 26,8, 32,6, 125 e 135 ppm, relacionados aos átomos de carbono. Após brominação surgiram inúmeros sinais menores em 24,5 ppm refere-se ao carbono primário, 32,6; 39,8; 59,8 e 66,9 ppm, estão relacionados com os átomos de carbono secundário devido aos carbonos brominados.

Senra, Khoukh e Desbrières (2017) estudaram, a partir RMN ¹H, a interação entre a quitosana e um surfactante aniônico (sódio 1-decanosulfonato) - (TA). Foram preparadas soluções de quitosana e surfactantes e determinados o grau de substituição (DS) a partir das integrais dos sinais referentes aos átomos de hidrogênio da unidade glicosídica não-modificada e da unidade glicosídica que contém o grupo amino quaternário.



Os espectros da quitosana (ChCat) sem surfactante e da quitosana com sódio 1-decanosulfonato podem ser observadas na Figura 7.

Figura 7: Espectro de RMN 1H da (a) ChCat e (b) ChCat e sódio 1-decanosulfonato.

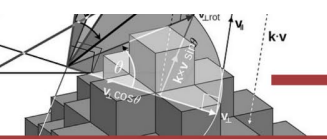


Fonte: (SENRA; KHOUKH; DESBRIÈRES, 2017).

O espectro de 1H do ChCat mostra a presença de um pico intenso em 3,20 ppm, relacionado aos prótons do grupo metil da amina quaternária e, seu grau de insaturação foi de 55 %. Na Figura 7 (b) encontra-se os deslocamentos químicos do sódio 1-decanosulfonato, que são: 0,89 ppm (Hd); 1,31 ppm (Hc); 1,71 (Hb) e 2,93 ppm (Ha).

Os autores concluíram que a técnica de RMN utilizada para identificar o grau de substituição da quitosana com sódio 1-decanosulfonato foi eficiente.

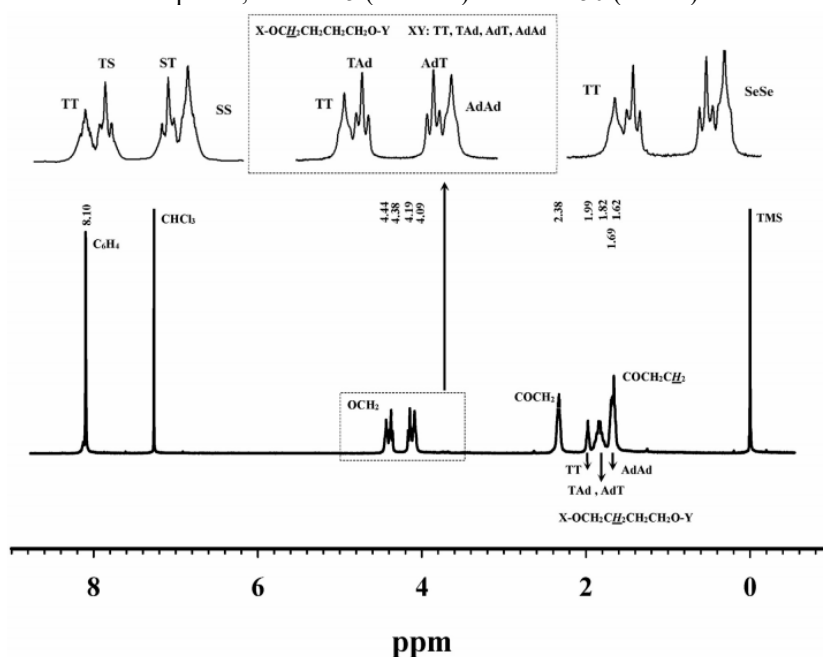
Heidarzadeh e colaboradores (2017) estudaram a degradação térmica em copoliésteres alifáticos aromáticos variando o teor de tereftalato (30 a e 70 % mol). Além disso, utilizaram 1,4-butanodiol (B), ácido tereftálico (T), e ácidos dicarboxílicos, [ácidos adípicos (Ad), sebáceos (Se) e succinatos (S)] para formação dos copoliésteres. O copoliéster foi preparado a



partir dos seus monômeros iniciais em reação térmica de transesterificação. Os copolímeros finais foram denominados de PBST-X, PBA_dT-X e PBSeT-X (X é a razão molar), oriundos do ácido succinato, ácido adípico e ácido sebáceo, respectivamente.

Foi utilizado um espectro de RMN ¹H operando na frequência de 300 MHz para observar o grau de aleatoriedade entre os copolímeros. A Figura 8 apresenta os espectros PBST-50, PBA_dT-50 e PBSeT-50.

Figura 8 - Espectro de RMN ¹H do PBA_dT-50. Magnificação da região entre 4,70 a 4,25 ppm do PBST-50 a esquerda, PBA_dT-5 (no meio) e PBSeT-50 (direita).



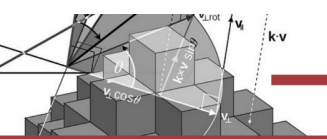
Fonte: (HEIDARZADEH *et al.*, 2017).

No espectro de RMN ¹H verificou-se a composição do copolímero através da integração do pico da unidade aromática (8,11 ppm) e unidades alifática (prótons COCH₂ em 2,34 a 2,76 ppm).

Os autores não observaram, a partir do espectro, sinais relacionados com a estrutura química associados à presença de grupos terminais ou devido a presença de reações secundárias. Observaram que a técnica foi útil para indicar a microestrutura aleatória do copolímero.

O próton OCH₂, que surge na faixa entre 4,5 a 4,00 ppm, mostrou-se uma região sensível para comparação entre os copolímeros. Os tripletos observados mostraram-se com intensidades similares, indicando que a composição é independente do comprimento da unidade dicarboxílica alifática.

As áreas dos tripletos, obtidas a partir do espectro, foram utilizadas para obter as frações correspondentes do TBT (f_{TT}), TBA (f_{TA}), ABT (f_{AT}) e AB (f_{AA}). E, em seguida, calcular a

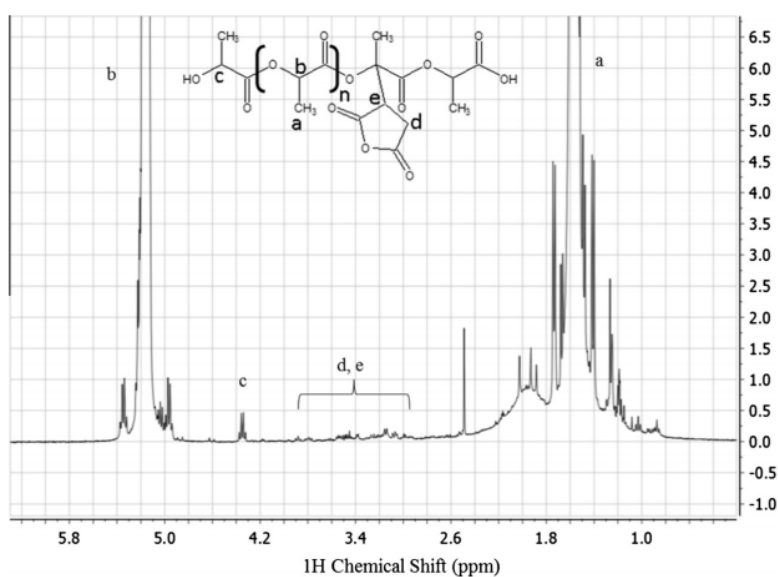


probabilidades de as unidades estarem interligadas e, por fim, o grau de aleatoriedade das unidades, que podem ser 2 (alternado), 1 (aleatório), menor que 1 (blocos).

Os autores obtiveram valores do grau de aleatoriedade próximos a 1. Concluindo que possuem um grau de distribuição aleatória.

Csikós e colaboradores (2015) produziram compósitos de madeira e PLA (poli (ácido láctico) usando anidrido maleico (MA) como agentes de acoplamentos (MAPLA). Foram preparados, por extrusão, peletes de PLA aditivado com anidrido maleico, em seguida foram homogêneas em agitados misturas de MAPLA com resíduos de madeira. Foram variados os teores de agente de acoplamento e resíduos de madeira. Por fim, foram preparados filmes por pressão. A técnica de RMN ^1H , na frequência de 400 MHz e tempo de relaxação de 16s, foi utilizada para verificar o grau de grafitação. O espectro do copolímero grafitado com 2 % de MA e 1,5 % de peróxido pode ser observado na Figura 9.

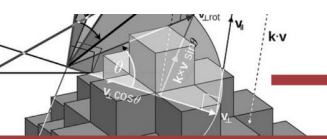
Figura 9: Espectro RMN ^1H para o copolímero grafitado produzido com 2 % de MA e 1,5 % de peróxido.



Fonte: (CSIKÓS *et al.*, 2015).

De acordo com os autores, o espectro da Figura 9 fornece a proporção de grupos hidroxilas a partir do sinal *c*, a presença dos grupos MA do sinal *d* e *e*, tendo em vista que o PLA puro não apresenta sinais nessa região. A partir do espectro os autores indicam que foi eficiente a enxertagem do MA na cadeia do PLA. O número de grupos MA enxertados ao PLA aumentou com o aumento da quantidade de MA inserida.

Desse modo, os autores concluíram pela análise de RMN que o grau de grafitação depende da quantidade dos dois reagentes.



Araújo e colaboradores (2014) investigaram a influência da incorporação da argila orgânica modificada (Cloisita 30B, Cloisita 15A e Delita 43B) na estabilidade térmica do PLA. Foram utilizadas duas concentrações de argila, 3 e 5 %. Os peletes de PLA e cada argila modificada foram secas, em seguida misturadas em agitador sob temperatura de 190. Por fim, foram preparados filmes finos sob pressão. A análise por RMN 1H foi utilizado para observar alterações no deslocamento químico do PLA após adição da argila C30B sem e com exposição de 120 horas termooxidativa.

Os valores do deslocamento químico observados pelos autores estão expostos na Tabela 2.

Tabela 2: Dados obtidos do espectro RMN 1H do PLA e PLA com C30B.

	δ CH ₃ (ppm)	Integração	δ CH (ppm)	Integração	Intensidade da razão do próton (CH ₃ /CH)
Literatura	1,51-1,56	-	5,11-5,24	-	-
PLA 0h	1,56-1,60	78,76	5,14-5,21	21,24	3,71
PLA 120 h	1,58-1,60	78,81	5,13-5,21	25,19	2,97
C30B 0 h	1,571	76,29	5,16	23,71	3,22
C30B 120 h	1,57	75,43	5,15	24,57	3,07

Fonte: Araújo *et al.* (2014).

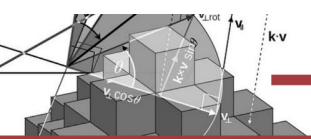
Os autores observaram que os valores obtidos para as amostras estão de acordo com a literatura, não havendo mudanças no deslocamento químico (δ). Houve, portanto, alterações na intensidade do sinal da razão do próton (CH₃/CH). A diminuição dessa razão pode estar relacionada com a transformação CH – CH₃ em CH=CH₂. No entanto, os autores constataram que essa transformação é pouco importante no padrão de degradação dos sinais do próton CH₂.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos estudos expostos obtidos por diversos autores, é possível concluir que as técnicas espectroscópicas no infravermelho e ressonância magnética nuclear podem ser aplicadas em diversas análises envolvendo tanto materiais poliméricos puros, quanto na forma de blendas ou compósito.

Podem ser obtidos resultados confiáveis sobre a regularidade estrutural, quantificação de fases, observação do grau de ramificações, transformações químicas, como por exemplo a biodegradação.

O avanço nos equipamentos tanto na aplicação do IV quanto para a técnica de RMN, tem proporcionado inúmeros avanços na área de caracterização de materiais, sendo, portanto, consideradas técnicas fundamentais para aplicação no estudo de materiais poliméricos.



REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. *et al.* Influence of clay organic modifier on the thermal-stability of PLA based nanocomposites. **Applied Clay Science**, v. 89, p. 144–150, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2013.12.005>. Acessado em: Jan, 2023.

BLUMICH, B. Introduction to compact NMR: A review of methods. **TrAC - Trends in Analytical Chemistry**, v. 83, p. 2–11, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.12.012>. Acessado em: Jan, 2023.

CANEVAROLO JR., S. V. **Técnicas de caracterização de polímeros**. São Paulo: Artliber, 2003.

CHOOHONG, N. *et al.* Characterization of brominated natural rubber by solution-state 2D NMR spectroscopy. **Reactive and Functional Polymers**, v. 48, n. 113, p. 6–12, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2017.02.004>. Acessado em: Jan, 2023.

CSIKÓS, Á. *et al.* Modification of interfacial adhesion with a functionalized polymer in PLA/wood composites. **European Polymer Journal**, v. 68, p. 592–600, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2015.03.032>. Acessado em: Jan, 2023.

GONSALVES, A. M. D. R.; MELO E PINHO, T. M. V. D. **Espectroscopia de Ressonância magnética nuclear**. Coimbra: INOVA, 2007.

HEIDARZADEH, N. *et al.* Thermal degradation of random copolyesters based on 1,4-butanediol, terephthalic acid and different aliphatic dicarboxylic acids. **Thermochimica Acta**, v. 654, p. 101–111, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tca.2017.05.011>. Acessado em: Fev, 2023.

HOLLER, F. J.; SKOOG, D. A.; CROUCH, S. R. **Princípios de Análise Instrumental**. 6. ed. Porto Alegre - RS: Bookman, 2009.

KEELER, J. **Understanding NMR spectroscopy**. 3. ed. England: John Wiley e Sons Ltda, 2009.

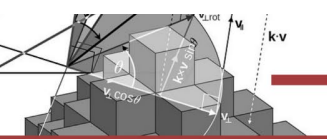
MACEDO JR., F. C. Espectroscopia de ressonância magnética nuclear de ^{13}C no estudo de rotas biossintéticas de produtos naturais. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 116–124, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000100023>. Acessado em: Fev, 2023.

PAVIA, D. L. *et al.* **Introdução à espectroscopia**. 4. ed. São Paulo: CENGAGE Learning, 2010.

PAVIA, D. L. *et al.* **Introduction to Spectroscopy**. 5. ed. Estados Unidos: CENGAGE Learning, 2015.

SANDERS, J. K. M.; HUNTER, B. K. **Modern NMR Spectroscopy: A guide for chemists**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2007.

SANTOS, M. S.; COLNAGO, L. A. Validação de método quantitativo por RMN de ^1H para análises de formulações farmacêuticas. **Química Nova**, v. 36, n. 2, p. 324–330, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000200020>. Acessado em: Fev, 2023.

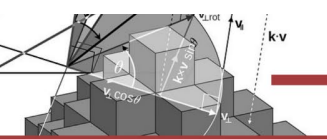


SENRA, T. D. A.; KHOUKH, A.; DESBRIÈRES, J. Interactions between quaternized chitosan and surfactant studied by diffusion NMR and conductivity. **Carbohydrate Polymers**, v. 156, p. 182–192, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.09.025>. Acessado em: Fev, 2023.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

SINGH, K.; BLUMICH, B. NMR spectroscopy with compact instruments. **TrAC - Trends in Analytical Chemistry**, v. 83, p. 12–26, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2016.02.014>. Acessado em: Fev, 2023.

YANG, M. *et al.* Advances in nuclear magnetic resonance (NMR) techniques for the investigation of clathrate hydrates. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 74, n. October 2016, p. 1346–1360, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.161>. Acessado em: Jan, 2023.



CAPÍTULO 7

EXTRAÇÃO SELETIVA DE AMINOÁCIDOS UTILIZANDO SISTEMAS AQUOSOS BIFÁSICOS FORMADOS POR ALCOÓIS E FOSFATO DE POTÁSSIO

Samuel Bruno dos Santos

RESUMO

Os sistemas aquosos bifásicos caracterizam-se por ser uma metodologia simples, rápido, de baixo custo e eficiente para a extração de biomoléculas como aminoácidos, proteínas e enzimas. Esse processo tem como principal vantagem o alto conteúdo de água que o torna compatível com o ambiente e as biomoléculas e de fácil ampliação de escala. O objetivo deste trabalho foi verificar a partição de tirosina e triptofano em sistemas aquosos bifásicos formados por alcoóis e sais de potássio. O efeito do tipo do álcool (metanol, etanol, 1-propanol e 2-propanol) e sua concentração (40 a 60%, p/v), tipo do sal de potássio (K_3PO_4 , K_2HPO_4 e tampão: K_2HPO_4/KH_2PO_4) e sua concentração (10 a 20%, p/v), bem como a temperatura do processo (5 a 30°C) foi estudada. As variáveis foram otimizadas para uma partição para a fase de topo (rica em álcool), devido à facilidade de recuperação do aminoácido. O maior coeficiente de partição (K) para a tirosina ocorreu em sistema formado por 2-propanol e K_2HPO_4 na concentração de (40 e 20%, respectivamente), à temperatura de 30°C ($K= 3,01$ e recuperação de 82,23%), já para o triptofano foi sistema formado por 1-propanol e K_2HPO_4 na concentração de (60 e 20%, respectivamente), à temperatura de 30°C ($K= 2,73$ e recuperação de 82,88%). A extração da tirosina e do triptofano são processos não espontâneos, endotérmicos e regidos por efeitos entrópicos.

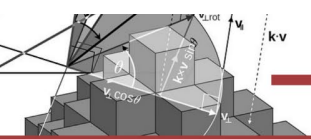
PALAVRAS-CHAVE: Aminoácidos. SAB. Purificação.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de moléculas obtidas de origem vegetal, animal e microbiana em diversos setores industrial têm evoluído com o passar dos anos, principalmente devido ao surgimento de diversas técnicas de extração. Este interesse crescente é fortalecido pela alta demanda da indústria alimentícia (interessada na obtenção de produtos probióticos e nutracêuticos) em produtos com alto grau de pureza. Desta forma, torna-se necessário escolher métodos de extração que não danifiquem as biomoléculas, as quais são extremamente sensíveis à temperaturas elevadas de extração, presença de elementos químicos dentre outras.

A extração e purificação de biocompostos utilizada na indústria consistem em processos formados por sistemas tradicionais com a utilização de solventes orgânicos, a quente ou a frio (CHUNG *et al.*, 2010), agentes quelantes e precipitantes (ANDREO; JORGE, 2006), técnicas cromatográficas (WANG, 2011) e de forma menos tradicional a aplicação de fluidos supercríticos (PARK *et al.*, 2012), ultrassom (JUN, 2009) e radiação micro-ondas (CHAN *et al.*, 2011). Essas técnicas consomem quantidades elevadas de solventes ou são procedimentos dispendiosos e pode apresentar condições que sejam danosas às biomoléculas.

Uma técnica que desponta para a extração de biomoléculas são os sistemas aquosos bifásicos, que podem ser formados utilizando uma série muito grande de compostos como



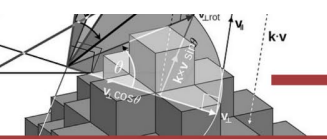
polímeros (polietileno glicol, dextrana e maltodextrina), são orgânicos (fosfato de potássio, citrato de sódio), líquidos iônicos (principalmente da família do imidazólium) e álcoois. Estes sistemas apresentam como maiores vantagens a ampliação de escala e de fácil montagem, além da alta concentração de água (70 a 95%) que oferecem um ótimo meio para biomoléculas sensíveis, baixa tensão interfacial que facilita a migração das biomoléculas e também de partículas celulares entre as fases e ainda minimiza o risco de comprometimento da estrutura de células e proteínas (HASMANN *et al.*, 2008), entretanto algumas desvantagem econômica estão associadas. Em comparação com outros métodos de purificação o alto custo dos polímeros como a dextrana levou a aplicação de sistemas baseado em sais, neste trabalho foca-se na utilização de álcoois e sais, ambos de baixo custo e de certa forma abundante na região do país que o trabalho é desenvolvido.

Para a aplicação do sistema aquoso bifásico, é necessário o conhecimento prévio dos diagramas de fase dos sistemas em estudo, por este motivo as curvas binodais para todos os sistemas utilizados e as linhas de amarração que preveem a composição das fases de topo e fundo para alguns pontos de mistura foram realizadas. Cabe ressaltar a importância deste procedimento para o entendimento dos efeitos associados durante a partição de biomoléculas, além do ajuste matemático inserido.

A literatura científica tem apresentado alguns trabalhos de partição em sistemas álcoois e sais (OOI *et al.*, 2009; WANG *et al.*, 2010), porém a otimização das condições do processo de partição das biomoléculas não é inteiramente estudadas, portanto este trabalho aplica a variação dos tipos e concentrações dos álcoois e sais de fosfato de potássio, da temperatura e da adição dos eletrólitos, tornando o trabalho inovador. As moléculas estudadas foram escolhidas como modelos, os aminoácidos para entendimento da partição de peptídeos e proteínas.

2. AMINOÁCIDOS

Os aminoácidos são as unidades monoméricas formadoras dos peptídeos e proteínas, a molécula é composta por uma porção carboxila ligada a porção amina por um carbono alfa, ao qual estão ligados diferentes radicais, propiciando assim a diferenciação destes compostos (NELSON; COX, 2011). Basicamente existem 22 aminoácidos que se ligam por meio de ligações peptídicas, e destes 8 são chamados de "essenciais" pois não são sintetizados pelos humanos (histidina, iso-leucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptofano), e, portanto, devem fazer parte da dieta alimentar (LEE *et al.*, 2003). Além deste importante papel na nutrição humana, os aminoácidos são utilizados na produção de plásticos biodegradáveis,



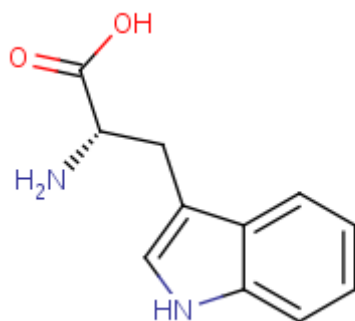
drogas e catalisadores quirais, realçadores de sabor, adoçantes com baixas calorias, além da sua aplicação na síntese de fármacos e cosméticos (PENTEADO, 2003).

Esses monômeros apresentam solubilidade em água e em solução aquosa (JI; FENG, 2008), mas essa propriedade é reduzida em solventes orgânicos e influenciada fortemente pelo valor do pH e da força iônica da solução aquosa, apresentam ainda um elevado ponto de fusão (ASENJO; ANDREWS, 2011).

2.1 Triptofano

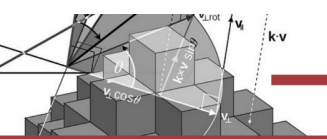
O triptofano (Figura 1) é um aminoácido aromático essencial, tanto para homens como animais, pois não pode ser produzido no organismo, tendo que ser obtido na alimentação diária. Este aminoácido é encontrado em menor concentração nas proteínas dietéticas: 1% nas proteínas de origem animal e 1,4% nas proteínas de origem vegetal (ROSSI; TIRAPEGUI, 2004), tendo como dosagem de ingestão recomendada 100 mg/kg de massa corporal por dia (MARKLOVÁ *et al.*, 2000). O isolamento de triptofano foi primeiramente relatado por Frederick Hopkins em 1901, por meio da hidrólise da caseína. A partir de 600 gramas de caseína bruta obtém-se 4-8 g de triptofano (GOIHL, 2006).

Figura 1: Estrutura molecular do triptofano.



Fonte: Autoria própria (2022).

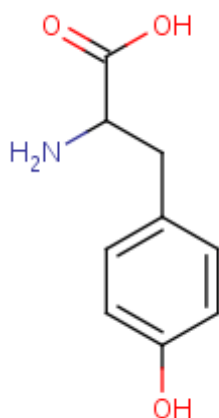
Além de ser precursor da serotonina, o triptofano apresenta outras funções como: contribuição no crescimento normal e síntese proteica, influência no sono, comportamento, fadiga, ingestão alimentar, precursor da vitamina B₃ e é um dos aminoácidos que estimula a secreção de insulina e hormônio do crescimento (ROSSI; TIRAPEGUI, 2004). Os distúrbios de má absorção de frutose e intolerância à lactose provocam absorção inadequada do triptofano no intestino, ocasionando a redução da concentração de triptofano no sangue. No sistema nervoso central atua na produção de serotonina desempenhando uma atividade antidepressiva (GOIHL, 2006).



2.2 Tirosina

A tirosina (Figura 2) é um aminoácido aromático não essencial, produzido a partir da fenilalanina. Este aminoácido pode ser encontrado na carne, trigo, aveia e frutos do mar, e apresenta importante papel no metabolismo, pois é precursor de importantes neurotransmissores como adrenalina, noradrenalina e dopamina. Outra função é a aceleração no sistema nervoso agindo como regulador do humor, na comunicação entre neurônios e supressor de apetite. Cabe também destacar a atividade antitumoral, a ação na redução da gordura corporal e auxílio na produção de melanina (BRETTI *et al.*, 2011). A tirosina também é precursora dos hormônios tireoidianos triiodotironina (T3) e tiroxina (T4) que são produzidos pela tireoide (CHATCRAWALSAIN, 2005).

Figura 2: Estrutura molecular da tirosina.



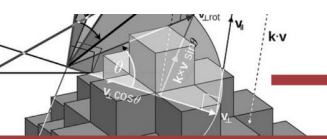
Fonte: Autoria própria (2022).

3. METODOLOGIA

Os materiais utilizados foram os álcoois (metanol, etanol, 1-propanol, 2-propanol) e os sais fosfato de potássio tribásico (K_3PO_4), fosfato de potássio dibásico anidro (K_2HPO_4) e fosfato de potássio monobásico anidro (KH_2PO_4) foram adquiridos da Vetec (Rio de Janeiro, Brasil). Os aminoácidos L-Tirosina (> 99,5%) e o L-Triptofano (> 99,0%) foram fornecidos pela Fluka. Todos os produtos químicos acima foram de grau analítico. Água destilada e deionizada foi utilizada em todo o experimento.

3.1 Extração das biomoléculas em sistema aquoso bifásico

O estudo da partição das biomoléculas (L-tirosina, L-triptofano, cafeína e tetraciclina) foram preparadas em tubos de centrifuga de 15 mL providos de tampas de vedação para prevenir a vaporização dos álcoois. Quantidades adequadas dos componentes do sistemas



álcoois e sal de fosfato de potássio para perfazer uma solução de concentração de 40-60 % (p/p) e 10 - 20% (p/p), respectivamente, foram pesadas e sobre elas foram adicionadas uma solução aquosa das biomoléculas - L-tirosina, L-triptofano, cafeína e tetraciclina, de forma a se ter uma concentração de 10 mg/L e em cada tubo, o sistema apresentava ao final uma massa de 14,0 g. Depois de uma homogeneização completa por agitação vigorosa, cada sistema foi centrifugado a 3000 x g por 10 min, para induzir a separação das fases, e em seguida deixado em por no mínimo 18 h para atingir o equilíbrio.

Após este tratamento, ambas as fases tornaram-se claras e transparentes e a interface bem definida. As fases foram cuidadosamente separadas com auxílio de uma pipeta para a fase de topo e uma seringa com uma agulha longa para a fase de fundo, e em seguida foram determinadas as massas e os volumes de cada fase. As temperaturas avaliadas foram entre 278.15 K a 308.15 K.

O coeficiente de partição (K) foi definido como a relação entre as concentrações das biomoléculas na fase de topo e fundo. A fim de avaliar o processo de extração, a razão volumar (R_v) e a eficiência da extração das biomoléculas (E -%) foram calculados de acordo com Souza *et al.* (2010), e apresentados nas equações (3.1) a (3.3).

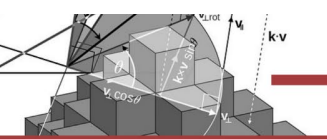
$$K = \frac{C_T}{C_B} \quad (3.1)$$

$$R_v = \frac{V_T}{V_F} \quad (3.2)$$

$$E = 100 \times \left(\frac{K \times R_v}{1 + K \times R_v} \right) \quad (3.3)$$

onde: C é a concentração das biomoléculas é o volume, E a eficiência de extração e T e B correspondem as fases de topo e fundo, respectivamente.

A otimização da partição das biomoléculas foi iniciada com o estudo do efeito dos tipos de álcoois e sais de fosfato de potássio empregado, nesta fase elegeu-se a combinação de parâmetros que propiciava a migração da molécula ou para a fase rica em álcool ($K > 1,0$) ou para a fase rica sem sal de fosfato de potássio ($K < 1,0$). Em seguida variou-se as concentrações do sal de fosfato de potássio escolhido (10 a 20 %, p/p), do álcool elegeido (40 a 60 %, p/p), temperatura entre 278,15 a 303,15 K, adição de de eletrólitos com variação do cátion ($BaCl_2$,



CaCl₂, MgCl₂, LiCl, NaCl e KCl) e dos ânions (NaSCN, NaI, NaBr, NaNO₃, NaCl, Na₂HPO₄, Na₂SO₄ e NaF) na concentração de 0,1 % (p/p) e em seguida estudou-se a concentração de eletrólitos, usando NaCl (0,5 a 5,0 %, p/p).

3.2 Determinação da concentração das biomoléculas

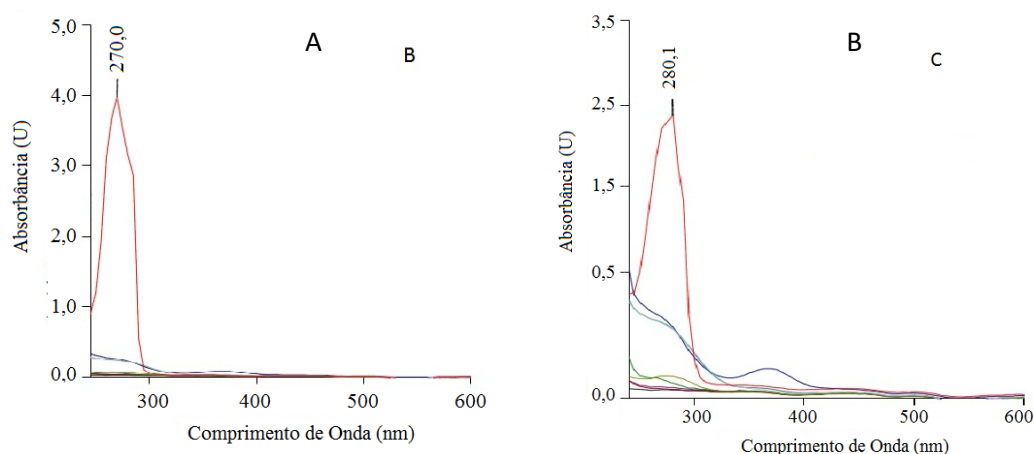
A determinação das concentrações das biomoléculas nas fases do sistema estudados foi realizada por meio de espectroscopia UV-Vis, utilizando o aparelho Varian Cary-50 Espectrofotômetro UV-visível Bio, em comprimentos de onda definidos por meio da máxima absorção (L-tirosina - 270 nm, L-triptofano – 280 nm). Curvas de calibração, para cada biocomposto, foram previamente determinadas. A interferência dos sais inorgânicos e dos álcoois no método analítico da verificação de sobreposição de picos de absorção máxima no espectro de varredura na região do UV-Vis.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

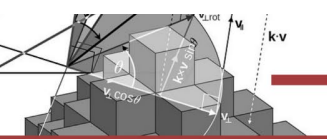
4.1 Influência dos constituintes do SAB nas determinações das biomoléculas

Para avaliar a influência dos constituintes do sistema aquoso bifásico, foi realizada uma varredura no espectro UV-visível para as soluções aquosas dos álcoois e sais de fosfato de potássio a 40% (p/p), bem como de solução aquosa das biomoléculas (40 mg/L), como mostra a Figura 3. Observou-se primeiramente que os comprimentos de onda que garantem a máxima absorção foi 270 nm L-tirosina (ZAIA *et al.*, 1998), 280 nm L-triptofano (TOMÉ *et al.*, 2010).

Figura 3: Espectro de absorção dos constituintes do sistema e da solução de biomoléculas (40 mg/L) (A-tirosina, B-triptofano).



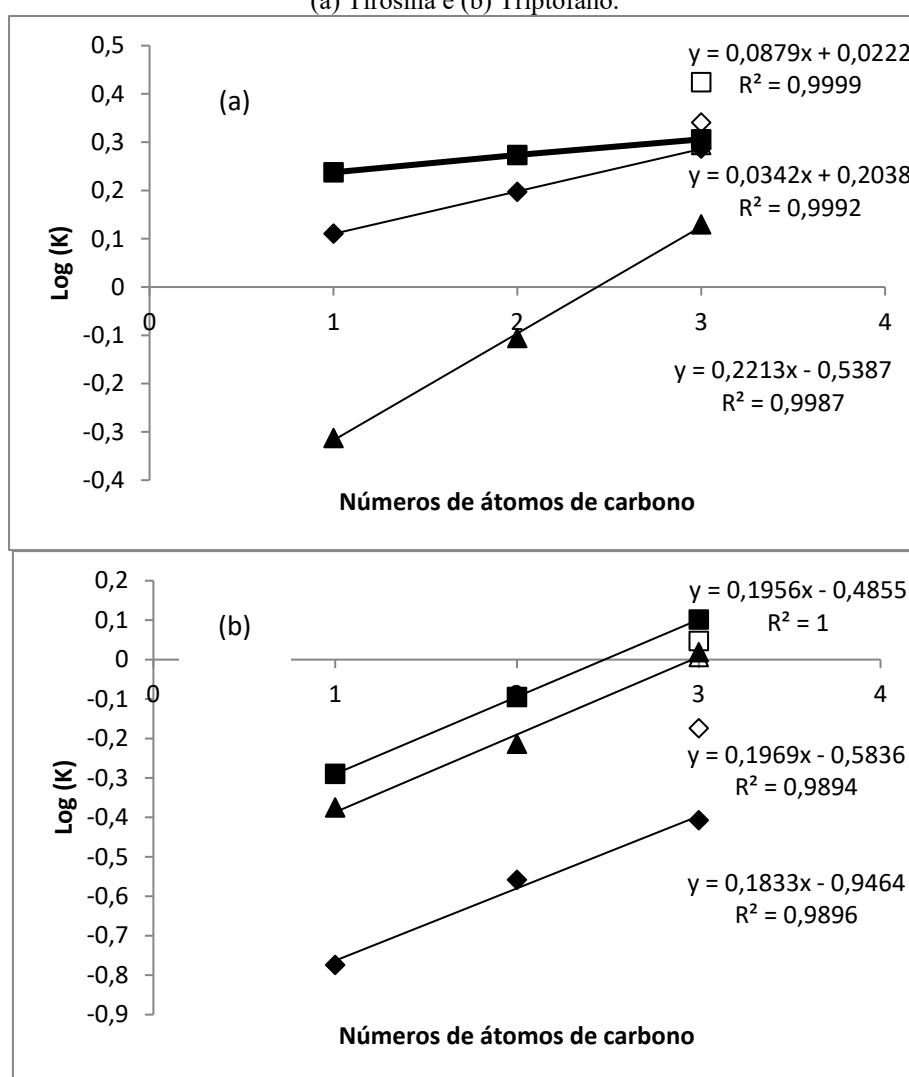
Fonte: Autoria própria (2022).



4.2. Extração dos aminoácidos (Tirosina e Triptofano)

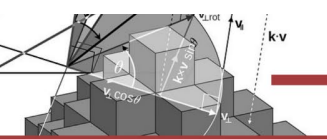
O processo de otimização da partição dos aminoácidos foram realizados utilizando os sistemas, cujos diagramas de fase foram construídos neste trabalho. Os resultados da partição dos aminoácidos nos sistemas formado com os diferentes álcoois e sais de potássio estão apresentados na Figura 4.

Figura 4: Influência do tipo de álcool (1=metanol, 2=etanol e 3 =1-propanol) e fosfato de potássio (▲ - K_3PO_4 , ■ - K_2HPO_4 e ◆ - K_2HPO_4/KH_2PO_4 tampão) sobre o coeficiente de partição dos aminoácidos usando 50% de álcool em peso 15% em peso de fosfato de potássio em 298,15K. O símbolo aberto representa 2-propanol. Onde (a) Tirosina e (b) Triptofano.



Fonte: Autoria própria (2022).

Os processos de partição de biomoléculas em sistemas aquosos bifásicos formados por compostos orgânicos e sais inorgânicos são regidos pela hidrofobicidade do composto orgânico, especificamente pelo comprimento da cadeia alquílica (número de átomos de carbono) e pelo efeito do *salting-out* promovido pela adição dos sais inorgânicos (FREIRE *et al.*, 2010; FREIRE *et al.*, 2011). Os resultados da partição dos aminoácidos mostram que o aumento da cadeia alquílica do álcool possibilita o aumento do coeficiente de partição.



Outra possibilidade de explicação para este efeito é a interação da cafeína com os álcoois formadores de sistemas, segundo Wang *et al.* (2010) o aumento da constante dielétrica do álcool possibilita a maior facilidade de formação de ligações de hidrogênio, e conseqüentemente maior interação entre as moléculas do álcool, a ordem decrescente para os valores desta constante é:

$$\text{metanol (33,1)} < \text{etanol (24,3)} < \text{1-propanol (20,52)} < \text{2-propanol (19,70)}.$$

O coeficiente de partição dos aminoácidos apresentam tendência contrária à constante dielétrica, que representa as interações álcool-álcool. Sugerindo que a interação das moléculas de aminoácidos - álcool é menor com valores de constante dielétrica maiores, e assim se explica a permanência dos aminoácidos na fase de fundo.

Comparando os coeficientes de partição dos aminoácidos entre si para cada álcool, pode-se notar que os valores dos coeficientes de partição para a tirosina são maiores que os do triptofano. Essa diferença é decorrente do número de pontes de hidrogênio que pode ser estabelecida com os álcoois, que no caso da tirosina ocorrem 4 possibilidades de formação de pontos de hidrogênio, enquanto que no triptofano são apenas 3.

Para as extrações da tirosina a composição do sistema com maior coeficiente de partição (2,66) foi 2-propanol e K_2HPO_4 , para o triptofano a composição do sistema com maior K (1,26) ocorreu para 1-propanol e K_2HPO_4 . Estes sistemas foram os escolhidos para continuar no processo de otimização da partição do aminoácido.

Após essa determinação, foi mantida a concentração constante do álcool, respectivo para cada aminoácido e foi variado a concentração do K_2HPO_4 de 10,0 a 20,0% (p/p). Com o aumento da quantidade do sal aumentou a exclusão das moléculas para a fase de topo, devido ao efeito *salting-out*, e conseqüentemente os aminoácidos foram particionados para a fase de topo. Os coeficientes de partição atingiram valores de 2,78 e 1,92 para a tirosina e o triptofano, respectivamente. Também foi observado que os valores de eficiência de extração foram elevados de 73,78 para 86,84 e de 69,70 para 76,85, para Tirosina e triptofano, respectivamente (Figura 5).

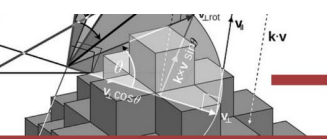
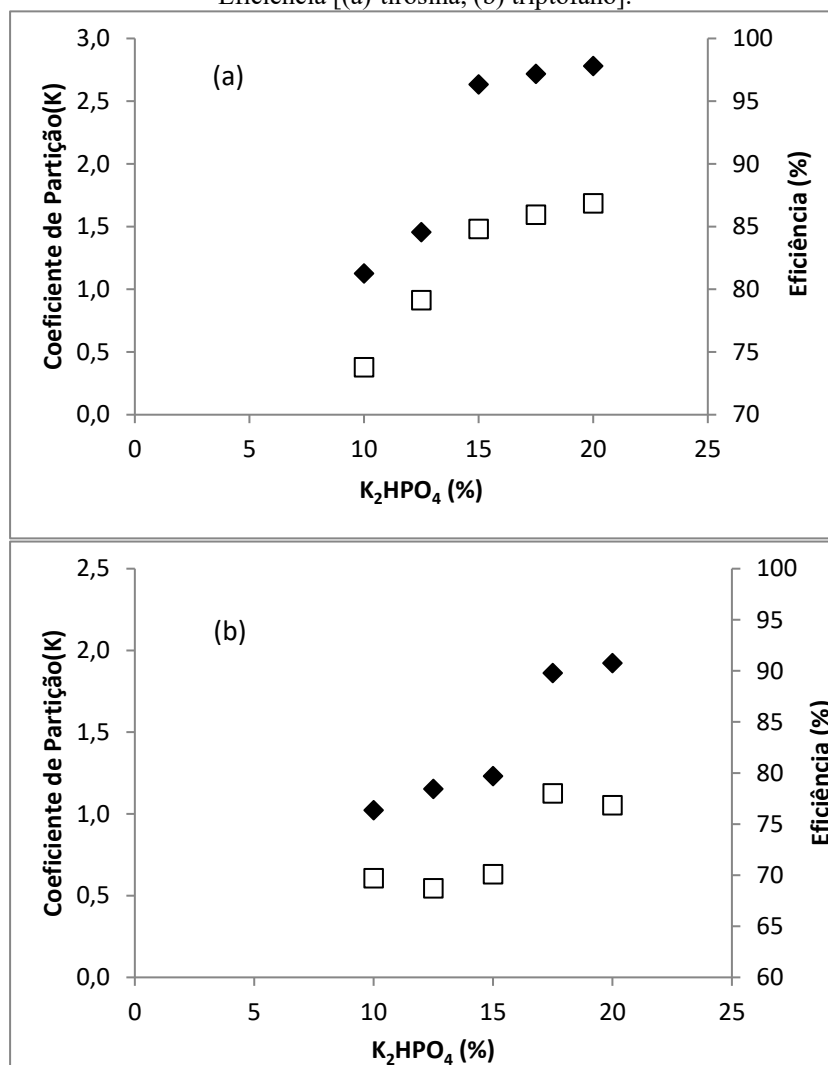


Figura 5: O coeficiente de partição e eficiência de extração do aminoácido em função variação da concentração do sal (10-20 p/p%) com seu respectivo álcool (50 p/p%) a 298.15 K. Onde \blacklozenge Coeficiente de Partição e \square Eficiência [(a)-tirosina, (b) triptofano].



Fonte: Autoria própria (2022).

A análise da influência da variação da concentração do álcool (40, 45, 50, 55 e 60%, p/p) sobre o coeficiente de partição de aminoácidos foi estudada no sistema 2-propanol/ K_2HPO_4 (20% em peso) para a tirosina e no sistema 1-propanol/ K_2HPO_4 (20% em peso) para o triptofano (Figura 6). Observa-se efeitos antagônicos na partição dos aminoácidos. O aumento da concentração do álcool promove a diminuição do coeficiente de partição da tirosina e as eficiências de extração não são alteradas, enquanto que para o triptofano ocorre o aumento do coeficiente de partição e da eficiência de extração.

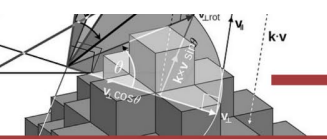
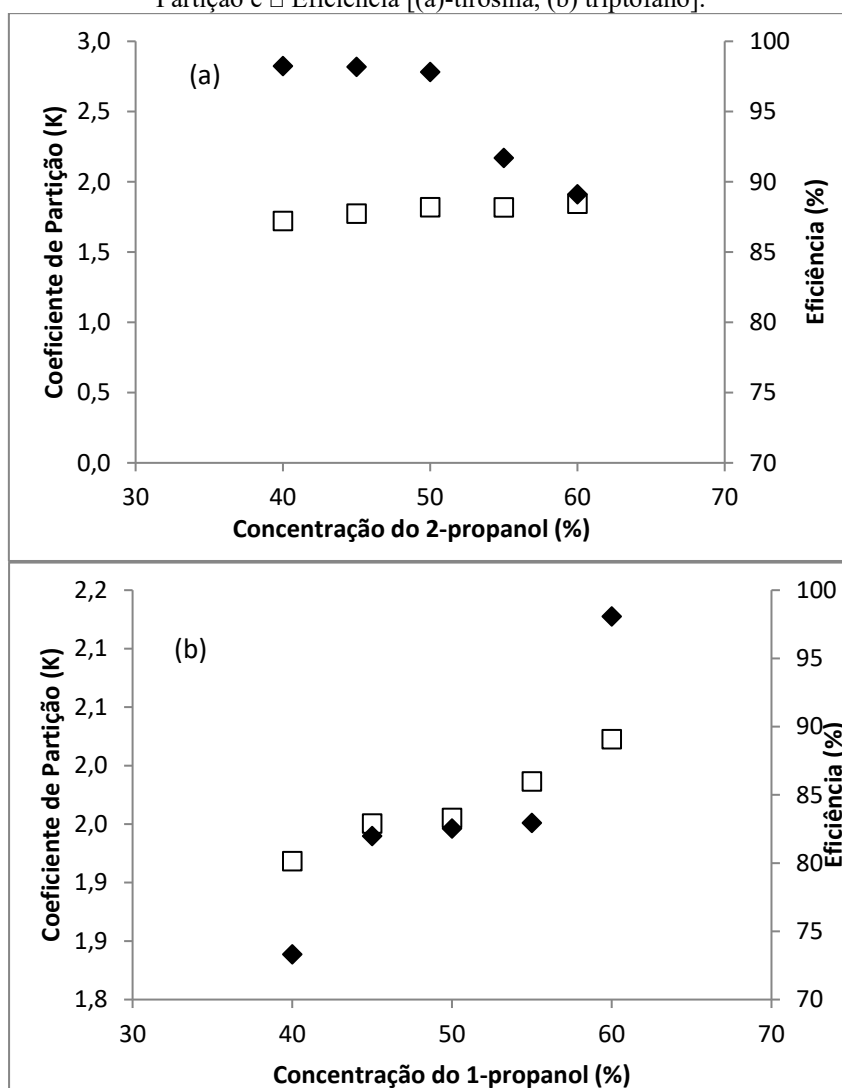


Figura 6: O coeficiente de partição e eficiência de extração dos aminoácidos em função variação da concentração do álcool (40-60 p/p%) com seu respectivo sal (20 p/p%) a 298,15 K. Onde \blacklozenge Coeficiente de Partição e \square Eficiência [(a)-tirosina, (b) triptofano].



Fonte: Autoria própria (2022).

O estudo do efeito da temperatura (278,15-303,15 K) sobre a extração dos aminoácidos foram realizados em sistema 60% (p/p) de 1-propanol e 20% (p/p) de K_2HPO_4 para triptofano e 40% (p/p) de 2-propanol e 20% (p/p) de K_2HPO_4 para tirosina, como mostra a Figura 7. Os resultados indicam que o aumento do coeficiente de partição aumentou com a temperatura, chegando a 3,01 para a tirosina e a 2,73 para triptofano ambos a 303,15 K, levando a concluir que a temperatura é um parâmetro crucial a ser manipulado. No entanto, a elevação da temperatura não pode ser demasiada para permitir a desnaturação do aminoácido, por isto a maior temperatura foi de 305,15 K.

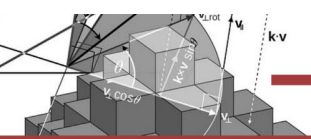
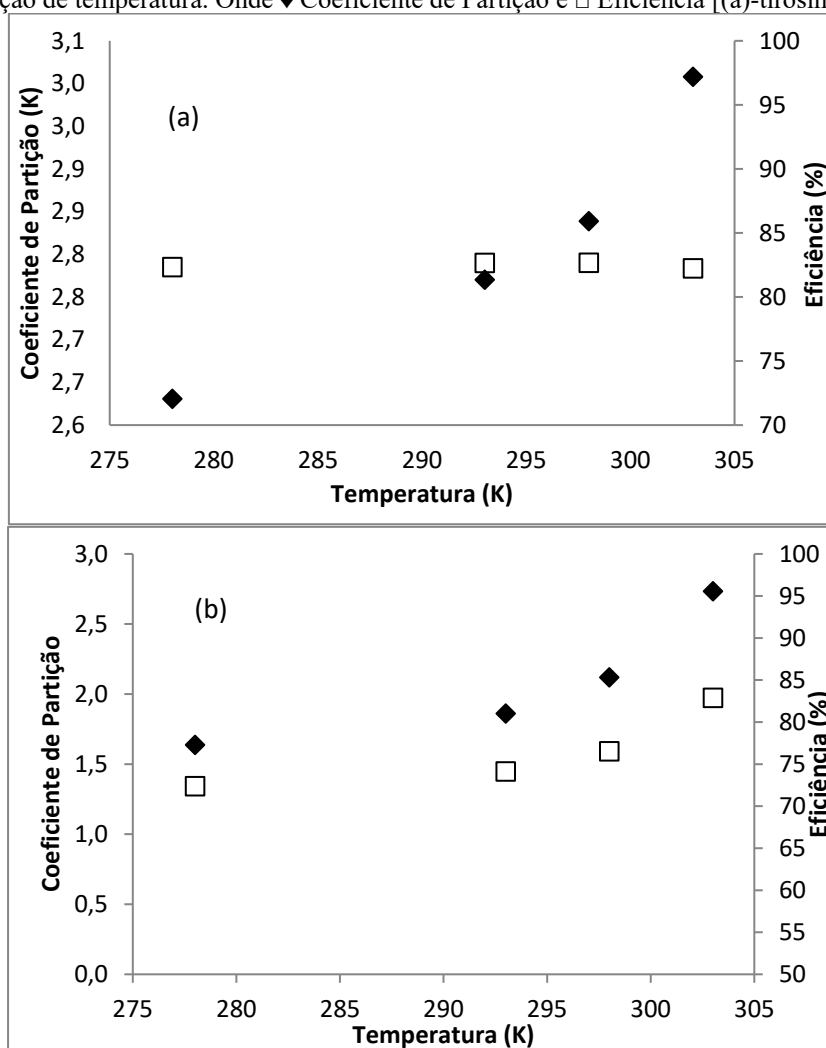


Figura 7: Efeito da temperatura sobre o coeficiente de partição e eficiência de extração dos aminoácidos em função da variação de temperatura. Onde \blacklozenge Coeficiente de Partição e \square Eficiência [(a)-tirosina, (b) triptofano].



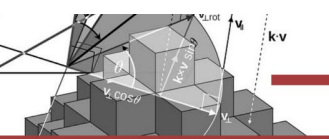
Fonte: Autoria própria (2022).

A fim de calcular os parâmetros termodinâmicos de transferência dos aminoácidos, tais como o variação da energia de Gibbs (ΔG°_m), a entalpia (ΔH°_m), e a entropia padrão molar de transferência (ΔS°_m), a abordagem utilizada baseou-se na equação de van't Hoff, os valores dos parâmetros termodinâmicos são apresentados na Tabela 1. Pereira *et al.* (2010) averiguando o efeito da temperatura na partição de L-triptofano em sistemas PEG-sal reportaram que este efeito é crucial na determinação dos coeficientes de partição e dos parâmetros termodinâmicos.

Tabela 1: Parâmetros termodinâmicos de particionamento dos aminoácidos usando 2-propanol para a tirosina (40 p/v%) e K_2HPO_4 (20 p/v%), e 1-propanol para o triptofano (60 p/v%) e K_2HPO_4 (20 p/v%).

	ΔH (KJ.mol ⁻¹)	ΔS (J.mol ⁻¹ K ⁻¹)	ΔG (KJ.mol ⁻¹)
Tirosina	3,40	20,21	-2,72
Triptofano	6,54	28,87	-2,21

Fonte: Autoria própria (2022).

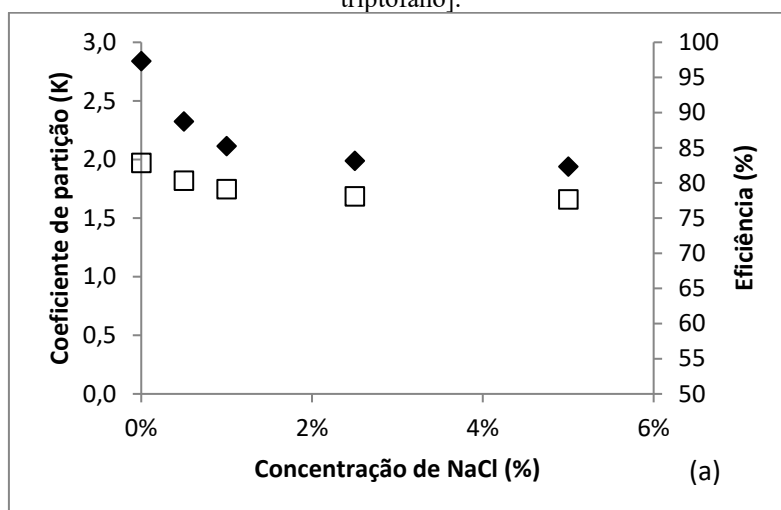


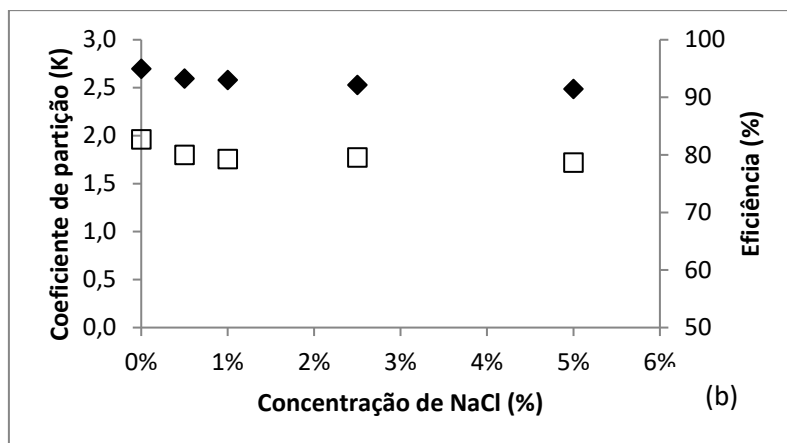
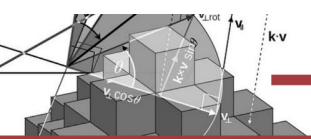
A presença de valores máximos dos coeficientes de partição como uma função da temperatura sugerem que a partição dos aminoácidos é impulsionada por efeitos opostos que resultam da dependência da temperatura, das contribuições energéticas e entrópica. O sistema aquoso bifásico é um processo espontâneo ($\Delta G_m^\circ < 0$), favorecendo a partição dos aminoácidos para a fase de topo, além ser um processo é endotérmico ($\Delta H_m^\circ > 0$) regido por mudanças entrópicas devido à $T \times \Delta S_m^\circ$ é maior do que ΔH_m° . Pei *et al.* (2012), em sistemas formados por K_2HPO_4 e $[C_4mim]Br$ a pH 9.3 para leucina observaram também que o processo de extração era espontâneo, endotérmico e controlado pela entropia do sistema.

Baseados nos resultados do efeito da temperatura nos SAB para os aminoácidos, utilizou-se os sistemas 60% (p/p) de 1-propanol e 20% (p/p) de K_2HPO_4 para triptofano e 40% (p/p) de 2-propanol e 20% (p/p) de K_2HPO_4 para tirosina, com o intuito de averiguar a influência da adição de cloreto de sódio (0 a 5%, p/p) na partição e recuperação das biomoléculas (Figura 8).

Foi observado que apenas a l-tirosina apresenta uma pequena redução no coeficiente de partição à medida que aumenta a concentração de cloreto de sódio, já para o triptofano a influência é negligenciada. As eficiências de extração permaneceu praticamente a mesma para estes sistemas.

Figura 8: Efeito da temperatura sobre o coeficiente de partição e eficiência de extração dos aminoácidos em função da variação de concentração de NaCl. Onde \blacklozenge Coeficiente de Partição e \square Eficiência [(a)-tirosina, (b) triptofano].





Fonte: Autoria própria (2022).

Alguns trabalhos da literatura reportam valores de coeficiente de partição utilizando diferentes sistemas. A Tabela 2 apresenta esses valores. Observa-se que a constituição do sistema é de fundamental importância na separação, isto porque os valores do coeficiente de partição são bastante variados. O triptofano também

Freire *et al.* (2011) verificou que para sistemas utilizando líquidos iônicos como e carboidratos ([C4mim][CF₃SO₃] - 40%, p/p + carboidratos - 25%, p/p) a eficiência de extração não excediam 50%, valor muito abaixo dos encontrados neste trabalho para os sistemas álcoois + sal de fosfato de potássio.

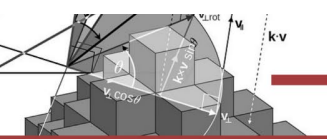
Tabela 2: Coeficiente de partição de L-triptofano em diferentes sistemas aquosos bifásico.

Sistema	K	Referencia
[C ₄ mim][CF ₃ SO ₃] (40%, p/p) + carboidratos (25%, p/p)	1,50 – 2,68	Freire <i>et al.</i> , 2011
PEG-600 (40%, p/p) + Na ₂ SO ₄ (5%, p/p)	14,93	Pereira <i>et al.</i> , 2010
PEG-600 (40%, p/p) + Na ₂ SO ₄ (5%, p/p) + [C ₄ mim]Cl (5%, p/p)	21,84	Pereira <i>et al.</i> , 2010
[P ₄₄₄₁][MeSO ₄] + (23%, p/p) + K ₃ PO ₄ (11%, p/p)	9,0	Louros <i>et al.</i> , 2010

Fonte: Autoria própria (2022).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A extração da L-tirosina e do L-triptofano são processos não espontâneos, endotérmicos e regidos por efeitos entrópicos. O maior coeficiente de partição (K) para a L-tirosina ocorreu em sistema formado por 2-propanol e K₂HPO₄ na concentração de (40 e 20%, respectivamente), à temperatura de 30°C (K= 3,01 e recuperação de 82,23%), já para o L-triptofano foi sistema formado por 1-propanol (60%) e K₂HPO₄ (20%), à temperatura de 30°C (K= 2,73 e recuperação de 82,88%).



REFERÊNCIAS

CHUNG, E. S. *et al.* **Revisiting the determination of climate sensitivity from relationships between surface temperature and radiative fluxes.** *Geophysical Research Letters*, 37, L10703, 6. 2010. Disponível em: < <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2010GeoRL..3710703C> >. Acessado em: 18 out. 2019.

ANDREO, D.; JORGE, N. **Antioxidantes naturais: técnicas de extração B.CEPPA**, Curitiba v. 24, n. 2, p. 319-336, jul./dez. 2006. Disponível em: <<http://sci-hub.tw/10.5380/cep.v24i2.7489>>. Acessado em: 18 out. 2019.

ASENJO, J. A.; ANDREWS B. A. **Aqueous two-phase systems for protein separation: a perspective.** *Journal of Chromatography A*. Inglaterra 49:8826-35. 2011 Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01496395.2011.5765436> >. Acessado em: 18 out. 2019.

BRETTI, C. *et al.* **Some thermodynamic properties of dl-Tyrosine and dl-Tryptophan. Effect of the ionic medium, ionic strength and temperature on the solubility and acid–base properties.** *Fluid Phase Equilibria*. Inglaterra 314, 185– 197. 2012 Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01496395.2012.9876546> >. Acessado em: 18 out. 2019.

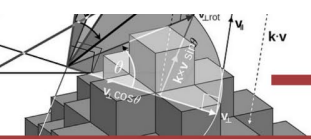
CHAN, C. H. *et al.* **Microwave-assisted extractions of active ingredients from plants.** *Journal of Chromatography A*. Inglaterra, 1218: 6213 – 6225, 2011. Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01496395.2011.5873306> >. Acessado em: 18 out. 2019.

CHATCHAWALSAISIN, J. *et al.* **The preparation by extrusion/spheronization and the properties of pellets containing drugs, microcrystalline cellulose and glyceryl monostearate.** *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, Inglaterra, 24, 35-48. 2005. Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01496395.2005.5839246> >. Acessado em: 18 out. 2019.

FREIRE, M. G. *et al.* **High-performance extraction of alkaloids using aqueous two-phase systems with ionic liquids.** *Green Chemistry*. Inglaterra, 12, 1715–1718. 2010. Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01496395.2010.987656> >. Acessado em: 18 out. 2019.

FREIRE, M. G. *et al.* **Aqueous biphasic systems composed of water-stable ionic liquid +carbohydrates and their applications.** *Green Chemistry*. Inglaterra, 13, 1536. 2011. Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01496395.2011.1234586> >. Acessado em: 18 out. 2019.

GOIHL, J. **Tryptophan can lower aggressive behavior.** *Feedstuffs*, Alemanha. 78, 12-22. 2006. Disponível em: < https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Tryptophan+can+lower+aggressive+behavior >



r&author=J.+Goihl&publication_year=2006&journal=Feedstuffs&pages=12-22> Acessado em: 18 out. 2019.

Hasmann, F. A. *et al.* **Purificação de biomoléculas intracelulares, produzidas por microrganismos.** *Microrbiologia in Foco*. Inglaterra 04-11. 2008. Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01496395.2008.8764326>>. Acessado em: 18 out. 2019.

Ji, P. E.; FENG, W. **Solubility of amino acids in water and aqueous solutions by the statistical associating fluid theory.** *Industrial e Engineering Chemistry Research*. Inglaterra. 47,6275-6279. 2008. Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01496395.2008.5955436>>. Acessado em: 18 out. 2019.

LEE, S. W.; LIM, J. M.; BOO, S. H. (Org) **Colorimetric determination of amino acids using genipin from Gardenia jasminoides.** *Anal.Chemical Acta*, Inglaterra 480, 267. 2003. Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01496395.2003.7893356>>. Acessado em: 18 out. 2019.

JUN, X. **Caffeine extraction from green tea leaves assisted by high pressure processing.** *Journal of Food Engineering*. Inglaterra 94, 105–109. 2009. Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01496395.2009.5843516>>. Acessado em: 18 out. 2019.

MARKLOVÁ, E.; MAKOVIC'KOVÁ, H.; KRÁKOROVA, I. (Org) **Screening for defects in tryptophan metabolism.** *Journal of chromatography A*, Inglaterra 870, 289-293. 2000. Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/0149634.2000.583456>>. Acessado em: 18 out. 2019.

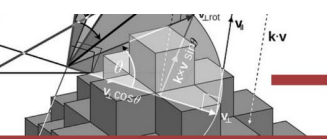
OOI, C. W. *et al.* **Purification of lipase derived from Burkholderia pseudomallei with alcohol/salt-based aqueous two-phase systems.** *Process biochemistry*. Inglaterra, 44, 1083-1087. 2009. Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01496395.2009.5843316>>. Acessado em: 18 out. 2019.

PARK, H. S. *et al.* **Extraction behaviors of caffeine and chlorophylls in supercritical decaffeination of green tea leaves.** *Food Science and Technology*. Inglaterra, 45, 73-78. 2012. Disponível em: < <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01496395.2012.5973306>>. Acessado em: 18 out. 2019.

PENTEADO, M. D. V. C. **Vitaminas –Aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos.** São Paulo: Ed. Metha. p. 611 2003. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001306512>. Acesso em: 18 out. 2019.

ROSSI, L.; TIRAPGUI, J. **Implicações do sistema serotoninérgico no exercício físico.** *Arquivos brasileiros de endocrinologia e metabologia*, São Paulo, v. 48, n. 2, p. 227-233. 2004. Disponível em : < <https://www.scielo.br/j/abem/a/TwYqWxv5dTMxrDz3k5CPS6g/abstract/?lang=pt>> Acessado em 18 out 2019.

PEREIRA, J. F. B. *et al.* **Ionic liquids as adjuvants for the tailored extraction of biomolecules in aqueous biphasic systems.** *Green Chemistry*. Inglaterra, 12, 1661–1669.



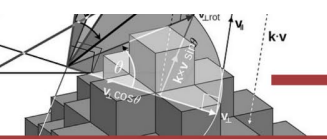
2010. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01496395.2010.5443306>>. Acessado em: 18 out. 2019.

TOMÉ, L. I. N. *et al.* **Tryptophan extraction using hydrophobic ionic liquids.** Separation and purification technology. 72, 167-173. 2010. Inglaterra 8, 886-891. 2010. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01496395.2010.3873306>>. Acessado em: 18 out. 2019.

WANG, Y. *et al.* **Liquid-liquid equilibrium of novel aqueous two-phase systems and evaluation of salting-out abilities of salts.** Central European Journal of Chemistry. Inglaterra, 8, 886-891. 2010. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01496395.2010.5873306>>. Acessado em: 18 out. 2019.

WANG, Y. *et al.* **Application of Water-Miscible Alcohol-Based Aqueous Two-Phase Systems for Extraction of Dyes.** Separation Science and Technology. Inglaterra, 46, 1283–1288. 2011. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/01496395.2011.583306>>. Acessado em: 18 out. 2019.

ZAIA, D. A. M.; ZAIA, C. T. B. (Org) ELICHTIG, J. **Determinação de proteínas totais via espectrofotometria: vantagens e desvantagens dos metodos existentes.** Química nova. São Paulo, 21, jun. 1998. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sa/a/N9DLLrhzrnzkwbbxM6LWx7g/?lang=pt>> Acessado em: 18 out. 2019.



CAPÍTULO 8

TEORES FENÓLICOS TOTAIS DOS EXTRATOS VEGETAIS DAS FOLHAS E CASCAS DO TRONCO DA ESPÉCIE *MANGÍFERA INDICA LINNAEUS*

Danielle Andreia Pereira Cozzani Campos
Jeovana Thaynara Oliveira Martins
Paloma Sampaio da Costa
Márcia Cristine Santos Macedo
Thiago Yuri Freire Ferreira
Thiago de Moraes Chaves
Alamgir Khan
Raquel Maria Trindade Fernandes

RESUMO

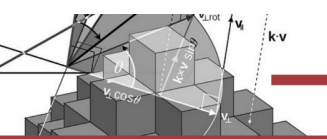
A *Mangifera indica* Linnaeus é popularmente conhecida como manga e pertence à família Anacardiaceae. Esta espécie é rica em compostos fenólicos, onde estes são responsáveis pela atividade antioxidante da planta que conferem propriedades benéficas à saúde. Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo comparativo e determinar o teor de compostos fenólicos totais no extrato etânico de folhas e casca do tronco da espécie *Mangifera indica* Linnaeus. Como metodologia, os extratos foram preparados, macerados, filtrados e concentrados. Depois disso, calculou-se o rendimento para os dois extratos. Para determinação do teor de fenóis totais, adotou-se o método de Folin-Ciocalteu e construiu-se uma curva analítica com ácido gálico. Como resultado, o extrato das folhas da espécie apresentou um rendimento de 12,72% e o extrato da casca um rendimento de 16,07%. O teor de fenóis totais encontrado no extrato da folha foi de $321,73 \pm 27,41$ e no extrato da casca de $447,4 \pm 115,5$. Portanto, comparando com os teores encontrados na literatura, os extratos apresentaram bons resultados para compostos fenólicos totais. O estudo comparativo identificou que os extratos da casca do tronco apresentaram um teor maior que o extrato das folhas, apresentando assim uma melhor atividade antioxidante.

PALAVRAS-CHAVE: *Mangifera Indica* Linnaeus. Compostos fenólicos. Casca. Folha.

1. INTRODUÇÃO

A *Mangifera indica* Linnaeus, popularmente conhecida como mangueira, é uma frutífera perene de porte arbóreo. Sua árvore é longeva, de copa densa, perene e muito frondosa, que pode alcançar 30 metros de altura, obtendo um tronco largo, além de casca escura e rugosa. As folhas possuem aspecto de couro (coriáceas) e forma de lança (lanceoladas), com 15 a 35 cm de comprimento. A cor da sua folha, quando jovem, varia da tonalidade verde clara a levemente amarronzada ou arroxeada, mas, quando madura, adquire coloração verde escura (SLIPPERS *et al.*, 2005).

A *Mangifera* é pertencente à família Anacardiaceae e contém aproximadamente 69 espécies diferentes, sendo *Mangifera indica* Linn. a espécie mais comum desse gênero (MUKHERJEE, 1972). Diversos produtos dessa espécie como as folhas, cascas, frutos, raízes e flores, são utilizadas na medicina tradicional para o tratamento de diversas doenças. Além



disso, seu uso é relatado na etnomedicinal de vários componentes de *Mangífera indica* em diferentes países (KHANDARE, 2016; PARVEZ, 2016).

Outrossim, esta espécie ganha destaque devido aos seus efeitos laxativos, anti-inflamatórios, imunomodulares e antioxidantes. É quimicamente rica em diferentes classes de compostos fenólicos, tais como: ácidos e ésteres, derivados de benzofenona, flavanóis, antocianinas, heterosídeos, flavonóis e heterosídeo xantônico (ABDALLA; SILVA, 2007; BARRETO *et al.*, 2016).

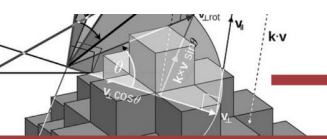
Os compostos fenólicos totais são substâncias provenientes do metabolismo secundário das plantas (OKSANA *et al.*, 2012; MEREGALLI *et al.*, 2020; DIAS *et al.*, 2020), os quais provêm de diferentes partes dos vegetais e atuam contra predadores, radiação UV e ferimentos (OKSANA *et al.*, 2012; DIAZ NAPAL *et al.*, 2010; KHODDAMI *et al.*, 2013). Essas substâncias estão ligadas às propriedades sensoriais das plantas, mas também podem trazer benefícios à saúde humana, como: atividade anti-inflamatória, antimicrobiana, antioxidante, hipocolesteremiante e hipoglicemiante (DIAS *et al.*, 2020; DIAZ NAPAL *et al.*, 2010; KHODDAMI *et al.*, 2013; DAJAS *et al.*, 2003).

Estes compostos constituem, na maioria dos vegetais, os antioxidantes mais abundantes. Devido a isso, possuem uma variedade de compostos fenólicos que desempenham um papel importante para prevenção de doenças cardiovasculares, além de atuarem sobre o estresse oxidativo, relacionado com diversas patologias, como o diabetes, processos inflamatórios e doenças cancerígenas (IMEH *et al.*, 2002).

Os compostos químicos presentes na espécie são de interesse à saúde devido à sua ação antioxidante com efeito protetor contra algumas doenças, retardando até o envelhecimento. Diante disso, estuda-se diversas partes pertencentes à mangueira como os frutos, as flores, as cascas e as folhas, devido ao seu amplo uso medicinal.

Além disso, esses compostos apresentam atividades antioxidantes naturais e podem ser extraídos de vegetais e plantas. Dentre a vasta gama de ervas e especiarias conhecidas, muitas delas podem ser utilizadas como condimentos e são excelentes fontes de compostos fenólicos. Estas substâncias vêm demonstrando alto potencial antioxidante, podendo ser usadas como conservantes naturais para alimentos e substituir os antioxidantes sintéticos utilizados pela indústria (RICE-EVANS *et al.*, 1996; ZHENG *et al.*, 2001).

Portanto, observa-se uma fonte potencial de compostos fenólicos presentes na mangueira, os quais possuem efeitos benéficos para a saúde humana. Diante do exposto, o



presente trabalho teve por objetivo realizar um estudo comparativo e determinar o teor de compostos fenólicos totais no extrato etanólico das folhas e das cascas do tronco da espécie *Mangífera indica* Linnaeus.

2. METODOLOGIA

O levantamento bibliográfico foi realizado através de pesquisas em bases de dados como SCIELO, LILACS e PUBMED, para a discussão e comparação dos resultados obtidos neste trabalho.

2.1 Preparo dos extratos

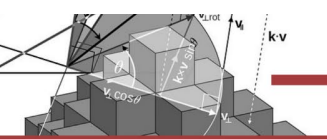
As folhas e casca do tronco de *Mangífera indica* L. foram coletadas no município de São Luís – MA (coordenadas 2°30'03.4"S 44°13'14.3"W), durante o período chuvoso, no mês de fevereiro de 2022, entre às 8h-9h da manhã. As amostras derivam da variação popularmente conhecida por Manga Rosa.

O material vegetal foi seco à temperatura ambiente e protegidas da luz solar. Após a secagem, passaram pelo processo de trituração e pesagem. Os extratos das folhas e das cascas do tronco foram preparados pelo método de maceração com solução etanólica 70 %, à temperatura ambiente por até 10 dias na proporção de 1:10 (m/v) e, posteriormente, filtrados. Os extratos hidroalcoólicos foram concentrados a 1/3 do seu volume inicial em uma chapa aquecedora com temperatura controlada entre 70-80 °C para evaporação do álcool e obtenção do extrato bruto. Para se obter o valor equivalente ao rendimento, realizou-se um cálculo através da média da massa de extrato seco por meio de uma estufa (triplicata), em cada 5 mL de extrato, dividida pela massa do material vegetal, representada pela seguinte fórmula,

$$\text{Rendimento (\%)} = (\text{massa do extrato}/\text{massa do material vegetal}) \times 100.$$

2.2 Determinação de teor de fenóis totais (TFT)

A determinação do teor de fenóis totais foi realizada por meio de espectroscopia na região do visível utilizando o método de Folin–Ciocalteu com modificações. Sendo assim, foi preparada uma solução de concentração 1 mg.mL⁻¹ do extrato vegetal bruto dissolvido em metanol (Solução 1). A partir dessa solução, foi preparada outra, transferindo-se uma alíquota de 7,5 mL da Solução 1 para um balão volumétrico de 50 mL, tendo seu volume acertado com metanol (Solução 2).



A solução de ácido gálico foi preparada com concentração de 1mg/mL. A partir desta, foram preparadas soluções-padrão através de diluições como demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1: Concentrações dos padrões de ácido gálico para construção da curva analítica.

Solução Padrão	Concentração ($\mu\text{g/mL}$)
1	10
2	25
3	50
4	75
5	100
6	200

Fonte: Autoria própria (2023).

Após esse processo, em tubos de ensaio, foram adicionadas alíquotas de 100 μL da solução 2, agitou-se com 500 μL do reagente de Folin-Ciocalteu e 6 mL de água destilada por 1 minuto; após este tempo, foram adicionados 2 mL de Na_2CO_3 a 15 % e agitou-se por 30 segundos. Posteriormente, a solução teve seu volume acertado para 10 mL com água destilada. Este procedimento foi realizado para todas as concentrações demonstradas na Tabela 1. Depois de 2 h, a absorbância das amostras foram medidas em espectrofotômetro (BEL Engineering UV-M51, China) a 760 nm utilizando-se cubetas de vidro e teve-se como “branco” todos os reagentes com exceção do extrato.

O teor de fenóis totais (FT) foi determinado por interpolação da absorbância das amostras com uma curva de calibração construída com padrões de ácido gálico (10 a 200 $\mu\text{g/mL}$) e expressos como mg de EAG (equivalentes de ácido gálico) por g de extrato. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

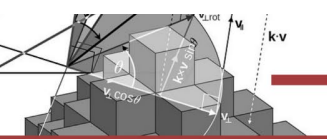
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Preparo e rendimento dos extratos

Para preparo do extrato das folhas e das cascas do tronco, foram pesadas 200 g de folhas secas e 98,34 g de casca do tronco, adicionado numa proporção de 1:10 de álcool etanólico, separadamente. Após isso, foi realizada a filtração e concentração dos extratos.

Para o cálculo do rendimento, foi utilizada a fórmula acima citada e encontrou-se um rendimento de 12,72 % no extrato etanólico das folhas e 16,07 % no extrato etanólico das cascas do tronco.

Sendo assim, o rendimento encontrado no extrato das cascas do tronco foi comparativamente maior e melhor que o rendimento do extrato das folhas, concluindo assim



que o extrato das cascas do tronco apresenta um teor maior de matéria orgânica e, conseqüentemente um maior teor de metabólitos secundários.

3.2 Teor de fenóis totais (FTF)

O teor de fenóis totais foi determinado por espectrofotômetro na região do visível a 760 nm, utilizando o método de Folin-Ciocalteu (FC). Com este método, é possível detectar os compostos fenólicos devido a formação de complexos de fosfotungstatos e fosfomolibdatos em meio básico, pois estão presentes no reagente de FC. Isto confere uma coloração azul ao meio (SINGLETON *et al.*, 1999). Esta coloração se forma devido a redução dos compostos do reagente do Folin-Ciocalteu em comprimento de onda de 760 nm (MEDINA, 2011). Para obter um meio básico, utilizou-se carbonato de sódio, tendo como produto a formação do íon fenolato por meio da dissociação do próton do composto fenólico, que é capaz de reduzir o reagente FC, formando complexos (SÁNCHEZ-RANGEL *et al.*, 2013).

A Tabela 2 expressa os dados utilizados para a construção da curva analítica de ácido gálico, relacionando a concentração com a absorvância.

A Figura 1 expressa a curva padrão de ácido gálico construída a partir das diluições de concentrações conhecidas. Sendo assim, foi obtida a equação da reta (Equação 1), que está demonstrada abaixo, através da regressão linear, no qual apresentou um coeficiente de correlação (r) de 0,99924.

$$y = 0,01698 + 0,00104x \quad (1)$$

Onde:

y= absorvância; x= concentração.

A equação acima apresentou um valor satisfatório para o coeficiente de correlação, visto que se aproxima de 1, ou seja, está ajustado à amostra, apresentando uma boa linearidade para prosseguir com as análises.

Tabela 2: Dados da Curva Analítica de Ácido Gálico em Concentração e Absorvância.

Concentração (µg/mL)	Absorvância
10	0,0293
25	0,0464
50	0,0652
75	0,0931
100	0,1199
200	0,2271

Fonte: Autoria própria (2023).

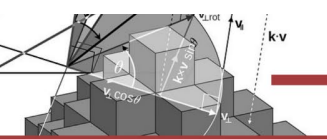
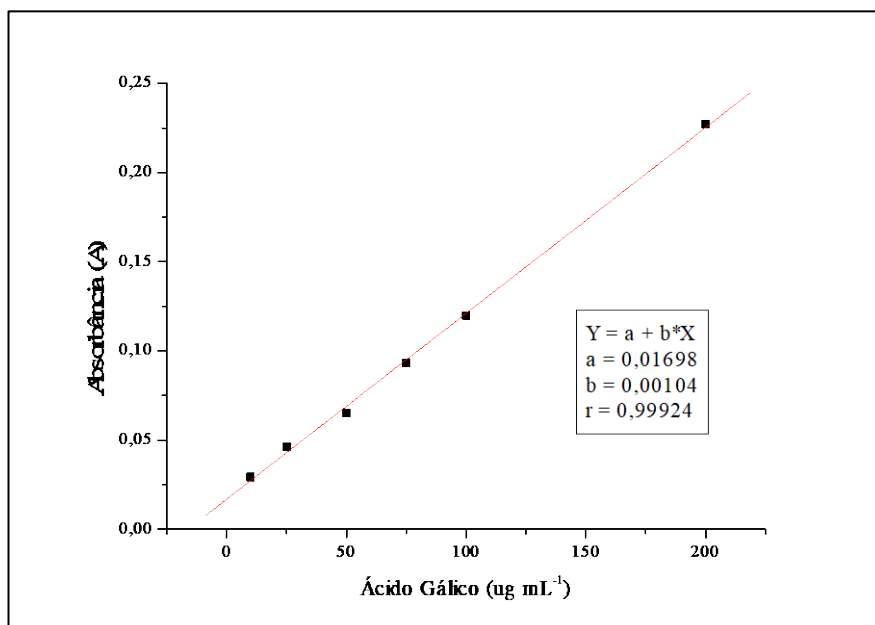


Figura 1: Curva Analítica de ácido gálico (10 a 200 ug mL⁻¹).



Fonte: Autoria própria (2023).

3.3.1 Teor de Fenóis Totais do Extrato Vegetal das Folhas

Para o cálculo do teor de fenóis totais do extrato das folhas, foram calculadas as concentrações, através da Equação 1, tendo como Y as absorbâncias obtidas nas três amostras analisadas. Os valores estão expressos na Tabela 3. Posteriormente, foram calculadas as médias das concentrações e obteve-se o teor de fenóis totais do extrato bruto descrito na Tabela 4.

Tabela 3: Absorbâncias e concentrações do extrato das folhas *Mangífera indica* L.

Amostra	Absorbância	Concentração (mg EAG/g da amostra)
1	0,0623	290,6
2	0,0728	357,3
3	0,0665	317,3

*EAG=Equivalente ácido gálico

Fonte: Autoria própria (2023).

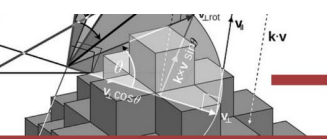
Tabela 4: Teores de fenóis totais do extrato bruto das folhas de *Mangífera indica* L.

Amostra	Teor de fenóis totais ± DP (mg EAG. g ⁻¹)
Extrato Bruto das folhas <i>Mangífera indica</i> L.	321,73 ± 27,41

*EAG=Equivalente ácido gálico

Fonte: Autoria própria (2023).

Portanto, com a obtenção dos resultados, estes foram comparados com dados encontrados na literatura para teor de fenóis totais. Dessa forma, Araújo, em seu trabalho, analisou o teor de fenólicos pelo método de Folin-Ciocalteu e encontrou um teor de 212,7 ± 10,0 mg EAG.g⁻¹ de extrato bruto de folhas da mangueira, variação Ubá (ARAÚJO, 2012).



Barros *et al.* (2022) determinaram o teor de fenólicos totais para o extrato das folhas de *Mangifera indica* L. por espectroscopia a 760 nm utilizando o reagente de FC e obteve como resultado $23,08 \pm 2,09$ mg EAG. g⁻¹ de extrato.

Em seu trabalho, Santos (2013) ao quantificar o teor de fenólicos totais a partir do seu extrato das folhas da mangueira encontrou um teor de 10,2 a 80,5 mg EAG.g⁻¹ do extrato.

Sendo assim, com base nos teores analisados na literatura, observa-se o alto teor de compostos fenólicos presentes no extrato bruto das folhas da espécie *Mangifera indica* Linnaeus, apontando o seu grande potencial como um agente antioxidante, levando em conta que os compostos fenólicos apresentam propriedades redutoras e desempenham um papel importante no sequestro de radicais livres.

3.3.2 Teor de fenóis totais do extrato vegetal da casca do tronco

O cálculo utilizado para obter o teor de fenóis totais do extrato da casca do tronco foi igual ao o que foi utilizado para o extrato das folhas. Os valores estão expressos na Tabela 5. Com isso, foi calculada a média das concentrações e obteve-se o teor de fenóis totais expressos na Tabela 6.

Tabela 5: Absorbâncias e concentrações do extrato das cascas do tronco de *Mangifera indica*.

Amostra	Absorbância	Concentração (mg EAG/g da amostra)
1	0,0719	352,1
2	0,1059	570,0
3	0,0825	420,0

*EAG=Equivalente ácido gálico

Fonte: Autoria própria (2023).

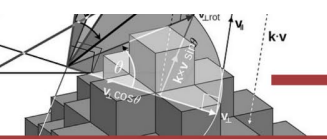
Tabela 6: Teores de fenóis totais do extrato da casca do tronco da *Mangifera indica*.

Amostra	Teor de fenóis totais \pm DP (mg EAG. g ⁻¹)
Extrato Bruto das cascas do tronco <i>Mangifera indica</i> L.	447,4 \pm 115,5

*EAG=Equivalente ácido gálico

Fonte: Autoria própria (2023).

Sendo assim, a obtenção do teor encontrado neste trabalho foi comparada com trabalhos encontrados na literatura. Dessa forma, Araújo (2012) encontrou em seu trabalho, utilizando o método de FC e como a amostra a casca da espécie *Mangifera indica*, um teor de $230 \pm 2,0$ mg EAG. g⁻¹ de extrato bruto.



Sauthier *et al.* (2021), utilizando o método de FC e construindo uma curva de calibração de ácido gálico, encontrou 282 ± 2 mg EAG.g⁻¹ da amostra; esse resultado deu-se para a variação da manga rosa e a amostra utilizada foi a polpa do fruto da *Mangífera indica* L.

Lascáris *et al.* (2020), em seu trabalho, também utilizou como padrão o ácido gálico e o método de FC, obtendo um teor de $71,42 \pm 1,09$ mg EAG.g⁻¹ da amostra, sendo utilizada em sua análise a variação da manga Tommy Atkins e a amostra utilizada foi a farinha da casca da manga. Além da farinha da casca do fruto, este autor também analisou a farinha da amêndoa e encontrou o valor de $85,69 \pm 3,83$ mg EAG.g⁻¹ da amostra.

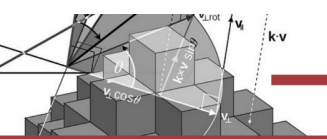
Ademais, utilizando também a variação da manga Tommy Atkins e o método de FC, Souza (2015) obteve em sua análise um teor de 63 ± 2 mg EAG.g⁻¹, sendo utilizada como amostra a casca da manga.

Portanto, o valor obtido de fenóis totais no extrato da casca do tronco, apresentou um valor relativamente maior que valores encontrados em outros componentes da *Mangífera indica* Linnaeus, visto que não foram encontrados dados na literatura para a amostra estudada. Sendo assim, observa-se um alto teor de compostos fenólicos presente em seu extrato. Conseqüentemente, pode apresentar uma boa atividade antioxidante, devido a sua estrutura química ser eficaz na eliminação de radicais livres, isso por possuírem grupos hidroxila fenólicos que são propensos a doar um átomo de hidrogênio ou um elétron para um radical livre.

3.4 Estudo comparativo entre os teores fenólicos totais dos extratos da casca do tronco e das folhas de *Mangífera indica* Linnaeus

Mediante os resultados obtidos para os extratos das folhas (EF) e da casca do tronco (ECT), é possível notar quantitativamente que ECT apresentou um teor de compostos fenólicos superior ao do EF, concordando com o trabalho de Araújo (2012) que encontrou um resultado no extrato da casca acima do encontrado para o extrato das folhas. Sendo assim, a ECT pode apresentar um melhor resultado para atividade antioxidante, sendo de grande interesse devido a sua capacidade de absorver radicais livres e assim, inibir ou interromper cadeias de reações oxidativas causadas por estes radicais.

Em função dos resultados apresentados, os resíduos orgânicos (folhas e cascas), tem recebido especial atenção por ser uma excelente fonte de substâncias fenólicas. Uma ótima aplicação seria a transformação desses resíduos em co-produtos que poderiam substituir alguns antioxidantes sintéticos que são potencialmente tóxicos (HAMINIUK *et al.*, 2012).



Além disso, por apresentar um alto teor de compostos fenólicos, acredita-se que os extratos vegetais da *Mangifera indica* L. são de extrema relevância para o combate a doenças, já que os compostos fenólicos apresentam uma grande quantidade de propriedades, como: antioxidante, antialérgica, antiinflamatória, antimicrobiana, antitrombótica, cardioprotetora e vasodilatadora (BALASUNDRAM *et al.*, 2006). A atividade anticarcinogênica relaciona-se à inibição do câncer de cólon, esôfago, pulmão, fígado, mama e pele (PIMENTEL *et al.*, 2005).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, constatou-se um maior rendimento para o extrato da casca do tronco comparando-o com o rendimento obtido para o extrato das folhas. Dessa forma, o ECT possui um maior aproveitamento de matéria orgânica e possivelmente um número superior de metabólitos secundários.

Ambos os extratos aqui estudados, apresentaram altos teores de compostos fenólicos comparados com os encontrados na literatura. Entretanto, com o estudo comparativo entre o ECT com o EF, observou-se que o ECT apresentou um teor de $447,4 \pm 115,5$, enquanto o EF obteve um teor de $321,73 \pm 27,41$, sendo este último quantitativamente menor que o ETC. Dessa forma, constatou-se que a ECT pode apresentar uma maior atividade antioxidante

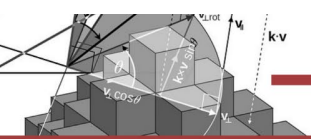
Frente à ação e aos benefícios dos compostos fenólicos, além dos poucos dados encontrados na literatura, acredita-se na relevância deste estudo devido a importância dos extratos vegetais da espécie *Mangifera indica* Linnaeus no combate a doenças, isto por possuírem propriedades antioxidantes, antiinflamatórias, cardioprotetores e entre outras propriedades benéficas à saúde.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, S. K. S.; SILVA, I. M. Plantas medicinais e de uso religioso comercializadas em mercados e feiras livres no Rio de Janeiro. **Acta Botânica Brasileira**. RJ, Brasil., v.20, p. 185-194, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100017>. 07 jan. 2023.

ARAÚJO, B. M. Bioactivities of mango leaf extract (*Mangifera indica*, variedade Ubá) and mangiferin in ApoE^{-/-}. 96 f. Tese (Doutorado em Bioquímica e Biologia molecular de plantas; Bioquímica e Biologia molecular animal). **Locus UFV**. Viçosa, 2012. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/322>. Acessado em: 09 jul. 2022.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S.; Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food**



Chemistry, London, v. 99, p. 191-203, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>. Acessado em: 14 jan. 2023.

BARRETO, M. U. A.; MARTÍNEZ, B. B. B.; BUENO J. C. Manual de plantas medicinais e fitoterápicos utilizados na cicatrização de feridas. **Universidade do Vale do Sapucaí - Univás**. Pouso Alegre, 2016. Disponível em: https://www.univas.edu.br/Egressos_Web/26.pdf. Acessado em: 03 fev. 2023.

BARROS, A. S. *et al.* Teor De Fenóis, Atividade Antioxidante E Ação Anticolinesterásica De Extratos De *Mangifera indica* L. (**Folhas**) E *Dimorphandra Gardneriana* Tul. (**Fava**), Natal, RN, 2014. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2014/trabalhos/7/5732-19302.html>. Acessado em: 04 fev. 2023.

SAUTHIER, M. C. da S. *et al.* Determinação espectrofotométrica de bioativos fenólicos em manga (*mangifera indica* l) comercializada em governador Mangabeira-Bahia. **Brazilian Journal of Development**, 7(4), p. 38780–38794, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-371>. Acessado em: 25 jan. 2023.

DAJAS, F. *et al.* Neuroprotection by flavonoids. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Montevideo, Uruguai. 36(12), p. 1613-1620. Dez. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2003001200002>. Acessado em: 20. Jan. 2023.

DIAS, R. *et al.* Recent advances in extracting phenolic compounds from food and their use in disease prevention and as cosmetics. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 61(7), p. 1130-1151. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1754162>. Acessado em: 06 Ago. 2022.

DIAZ NAPAL, G. N. *et al.* Response of *Epilachna paenulata* to two flavonoids, pinocembrin and quercetin, in a comparative study. **Journal of Chemical Ecology**, 36(8), p. 898-904. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10886-010-9823-1>. Acessado em: 06 Ago. 2022.

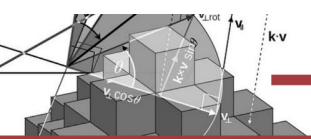
HAMINIUK, C. W. *et al.* Compostos fenólicos em frutas – uma visão geral. **International Journal of Food Science & Technology**, 47(10), p. 2023-2044, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03067>. Acessado em: 09 jul. 2022.

IMEH. U.; KHOKHAR. S. Distribution of conjugated and free phenols in fruits: antioxidant activity and cultivar variations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, p. 6.301-6.306, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf020342j>. Acessado em: 09 jul. 2022.

KHANDARE, M. S. Mango (*Mangifera indica* Linn): A medicinal and holy plant. Journal of Medicinal Plants Studies. **Journal of Medicinal Plants Studies**. v. 4, p. 44–46, 2016. Disponível em: <https://www.plantsjournal.com/archives/2016/vol4issue4/PartA/4-3-28-237.pdf>. Acessado em: 18 jun. 2022.

KHODDAMI, A.; MEREDITH, A. W.; ROBERTS T. H. Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds. **Molecules**, 8(2), p. 2328-75, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules18022328>. Acessado em: 11 Ago 2022.

LÁSCARIS, M. P. S. *et al.* Extraction, characterization, antioxidant and antimicrobial activity of mango (Tommy Atkins) residues. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 9, n. 10, p.



e3519108696, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/8696>. Acessado em: 18 Out. 2022.

MEDINA, M. B. Determination of the total phenolics in juices and superfruits by a novel chemical method. **Journal Of Functional Foods**, v. 3, p.79-87, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.02.007>. Acessado em: 18 Out. 2022.

MEREGALLI, M. B. *et al.* Conventional and ultrasound assisted methods for extraction of bioactive compounds from red araçá peel (*Psidium cattleianum* Sabine). **Arabian Journal of Chemistry**, v. 13, p. 5800-5809, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.04.017>. Acessado em: 19 Out. 2022.

MUKHERJEE, S. K. Origin of mango (*Mangifera indica*). **Economic Botany**, 26, p. 260–264, 1972. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02861039>. Acessado em: 16 Set. 2022.

OKSANA, S. *et al.* Plant phenolic compounds for food, pharmaceutical and cosmetics production. **Journal of Medicinal Plants Research**, 6(13), p. 2526-2539, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5897/JMPR11.1695>. Acessado em: 10 Nov. 2022.

PARVEZ, G. M. M. Pharmacological activities of mango (*Mangifera indica*): A review. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, 5(3):01-07, 2016. Disponível em: <https://www.phytojournal.com/archives/2016.v5.i3.847/pharmacological-activities-of-mango-mangifera-indica-a-review>. Acessado em: 11 fev. 2023

PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLÜCKE, A. P. B. Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos. **Ed. Varela**, São Paulo , p. 95, 2005. Disponível em: <https://carolinapimentel.com.br/blog/book/alimentos-funcionais-introducao-as-principais-substancias-bioativas-em-alimentos/>. Acessado em: 19 jan 2023.

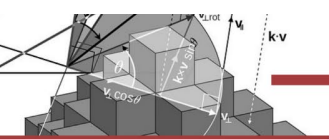
RICE-EVANS, C.; MILLER, N.; PAGANGA, G. Structure Antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology and Medicine**, 20(7), p. 933-56, 1996. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(95\)02227-9](https://doi.org/10.1016/0891-5849(95)02227-9). Acessado em: 18 fev. 2023.

SÁNCHEZ-RANGEL, J. C. *et al.* The Folin–Ciocalteu assay revisited: improvement of its specificity for total phenolic content determination. **Analytical Methods**, 5, p. 5990-5999, 2013. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2013/AY/c3ay41125g>. Acessado em: 07 mar. 2023.

SANTOS, W. J. Extração de compostos antioxidantes da folha da mangueira (*Mangifera indica* L.) utilizando CO₂ supercrítico, água e etanol. 112p. **Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)**, UniCamp, Campinas, 2013. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/24505/1/EnioRafaelDeMedeirosSantos_TESE.pdf. Acessado em: 5 jan 2023.

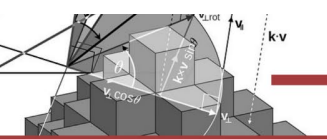
SINGLETON, V. L; ORTHOFER R.; LAMUELA-RAVENTÓS R.M.; Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**. 299, p. 152-178 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1). Acessado em: 12 jan 2023.

SLIPPERS, B. *et al.* Phylogenetic and morphological re-evaluation of the *Botryosphaeria* species causing diseases of *Mangifera indica*. **Mycologia**. 97(1), p. 99–110, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.3852/mycologia.97.1.99>. Acessado em: 5 fev. 2023.



SOUZA, M. E. A. O. D. **Potencial antioxidante de extratos da casca de manga (*Mangifera indica* L.) da variedade Tommy Atkins obtidos por métodos a baixa e a alta pressão e dimensionamento de uma coluna para extração supercrítica.** Tese (doutorado). UFSC, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Florianópolis, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/135287>. Acessado em: 4 set. 2022.

ZHENG, W.; WANG, S. Antioxidant activity and phenolic composition in selected herbs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 49 (11), p. 5165-5170, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf010697n>. Acessado em: 7 Dez 2022.



CAPÍTULO 9

ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA O DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CONHECIMENTO BASEADO NA METODOLOGIA COMMONKADS: UM ESTUDO DE CASO

Jefferson de Oliveira Chaves
José Leomar Todesco

RESUMO

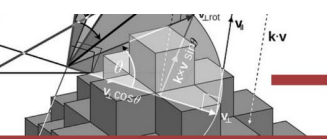
A Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão do Instituto Federal Catarinense - Campus Araquari é um evento científico, tecnológico e cultural, em que ocorrem diversas atividades tais como palestras, seminários, mostra científica, minicursos, entre outras e, que desde sua criação em 2016, vem crescendo, tanto em participantes, quanto no número de submissões. No entanto, a organização de um evento deste porte não é trivial, uma vez que o contexto organizacional é composto por distintos processos. Um dos processos que mais demanda esforço para sua execução é a organização do calendário, uma vez que, em sua construção devem ser observadas a verticalização das atividades, a sensibilização dos organizadores, o conhecimento dos espaços entre outros, demonstrando assim, um alto nível de complexidade. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade para implementação de sistema de conhecimento, com foco nas tarefas da Subcomissão de Atividades, responsável por organizar toda a programação do evento. Para tal, realizou-se uma abordagem estruturada, a partir de uma visão organizacional sistêmica, utilizando-se a metodologia CommonKads. Os resultados obtidos apontaram a viabilidade da construção de um sistema de conhecimento como instrumento de apoio aos processos de gestão do conhecimento necessários para a organização do evento, embora exista a necessidade de ajustes culturais e comportamentais dos agentes da organização, indicando o papel crucial que estes exercem na organização do mesmo.

PALAVRAS-CHAVE: Commonkads. Engenharia do Conhecimento. Gestão do Conhecimento.

1. INTRODUÇÃO

Em 2008, o então Colégio Agrícola de Araquari, passa a fazer parte do Instituto Federal Catarinense (IFC), como resultado da integração das escolas agrotécnicas de Concórdia, Rio do Sul e Sombrio e, dos colégios agrícolas de Araquari e Camboriú (Instituto Federal Catarinense, s/a). O antigo Colégio Agrícola, passa a pertencer à Rede Federal de Educação Profissional Científica e Tecnológica, criada por meio da Lei nº 11.892/2008 (IFC, s/a).

Dois eventos vinculados ao ensino, pesquisa e extensão eram realizados, separadamente no campus, a saber: a Mostra Científica e Tecnológica (MCT) e o Evento de Pesquisa e Extensão (EPEX). Entretanto, compreendendo que o tripé ensino, pesquisa e extensão não podiam ser dissociados, optou-se em 2016 por unificar esses dois eventos, criando a Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão (SEPE), que passou a congrega além dos eventos supracitados, as Semanas Acadêmicas dos cursos de graduação e o Painel de Integração de Conhecimentos (SEPE, s/a).



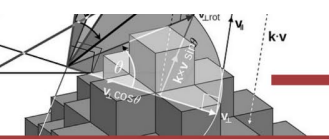
A SEPE é um evento complexo e que demanda que em sua organização sejam consideradas as especificidades de cada uma das áreas, bem como atenção aos três níveis de ensino: Médio-Técnico, Superior e Pós-Graduação. No entanto, mesmo diante dessa complexidade, a organização das atividades do evento é realizada de forma empírica e pouco formal, o que acaba por dificultar o processo. Portanto, a problemática que se apresenta é: como apoiar o processo de realização das atividades intensivas em conhecimento da Subcomissão de Atividades, de forma a criar-se uma memória organizacional dos processos, otimizando-os e tornando-os mais céleres?

Nesse cenário, as áreas de Engenharia do Conhecimento e de Gestão do Conhecimento podem contribuir como meio fundamental para resolução de tais problemas, uma vez que dispõem de métodos, técnicas e ferramentas que auxiliam na explicitação, armazenamento, uso e disseminação do conhecimento. Assim, o objetivo deste trabalho é o de analisar a viabilidade para implementação de sistema de conhecimento, com foco nas tarefas da Subcomissão de Atividades, a partir de uma visão organizacional sistêmica, utilizando para tal a metodologia de CommonKads que teve origem no programa Europeu Esprit, passando a ser utilizada por distintos órgãos, de natureza pública e privada, sendo a metodologia referência no desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento (WERNEVK *et al.*, 2006).

Para este fim, este trabalho encontra-se estruturado da seguinte forma: no primeiro item serão apresentadas, de forma breve, a Engenharia do Conhecimento, Gestão do Conhecimento e Sistemas de Conhecimento. No segundo item, será apresentada a Metodologia CommonKads. Por fim, o terceiro e último item apresentará a aplicação da metodologia CommonKads à SEPE, organização que constitui objeto deste trabalho.

2. ENGENHARIA DO CONHECIMENTO, GESTÃO DO CONHECIMENTO E SISTEMAS DE CONHECIMENTO

A Engenharia do Conhecimento (EC) está tradicionalmente preocupada com o desenvolvimento de sistemas de informação nos quais conhecimento e raciocínio exercem papéis fulcrais. Já a Gestão do Conhecimento (GC) é uma disciplina que lida com o conhecimento como um recurso fundamental das organizações. Essas duas disciplinas possuem uma estreita relação, uma vez que, atualmente, não seria prudente gerenciar o conhecimento de uma organização, sem antes conhecer o grande potencial de sistemas de informação e conhecimento (SCHREIBER *et al.*, 2000).



Com a evolução da EC, a partir do final dos anos 70, começaram a surgir instrumentos para prestar suporte à gestão do conhecimento, iniciando-se o desenvolvimento de sistemas que apoiavam tarefas intensivas em conhecimento (DRUCKER *apud* SCHREIBER *et al.*, 2000 p. 5-6). A partir de então, os sistemas especialistas, os sistemas baseados em conhecimento e os sistemas de informação intensivos em conhecimento passaram a ser chamados de Sistemas de Conhecimentos (SC).

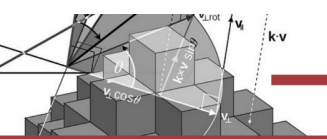
No entanto, desenvolvedores de sistemas de informação e engenheiros do conhecimento verificaram que o desenvolvimento desses tipos de sistemas, tendia ao fracasso quando o contexto organizacional mais amplo não era levado em conta (SCHREIBER *et al.*, 2000). Assim, a EC passou a contar com métodos que expandiram gradualmente seu escopo, passando então a ser utilizada não apenas para o desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento, como também em outras atividades que envolviam gerenciamento de conhecimento, engenharia de requisitos, modelagem corporativa e reengenharia de processos de negócios.

3. METODOLOGIA COMMONKADS

Com a evolução da EC, a partir do final dos anos 70, o desenvolvimento de sistemas que ofereciam suporte a tarefas intensivas em conhecimento deixou de ser tratado como uma arte e passou a ser tomado como metodologia (DRUCKER *apud* SCHREIBER *et al.*, 2000 p. 6).

Diante desse cenário, diversas metodologias surgiram para apoiar o desenvolvimento de SC, de acordo com o contexto da organização, o problema encontrado, os tipos de conhecimentos, entre outros. Ribeiro Junior (*apud* DIAS; PACHECO, 2009), lista algumas das metodologias que popularmente têm sido empregadas com sucesso nas organizações, quais sejam: CommonKADS, MAS-CommonKADS, MOKA, MIKE, IDEAL, SPEDE, VITAL, On-ToKnowledge e eXtreme Programming of Knowledge-Based Systems.

Neste trabalho, foi adotada a metodologia CommonKADS, por sua capacidade de modelar de forma abrangente, o conhecimento da estrutura organizacional, de forma a permitir a modelagem dos detalhes e o entendimento dos processos intensivos em conhecimento. Ainda, optou-se pela metodologia, devido a sua flexibilidade e independência de padrões tecnológicos. Além disso, de acordo com Dias e Pacheco (2009), a metodologia CommonKADS é considerada a mais completa, uma vez que contempla todas as etapas para desenvolvimento de



um SC, que vão desde o planejamento até a implementação, tratando não somente os aspectos da tecnologia, mas também do contexto organizacional.

A metodologia CommonKADS é baseada no modelo de ciclo de vida clássico (em cascata) - na divisão das fases e no modelo de ciclo de vida espiral - no gerenciamento do projeto (consiste de quatro atividades: revisão, avaliar risco, fazer plano detalhado para a próxima fase e monitorar) (DIAS; PACHECO, 2009, p. 3).

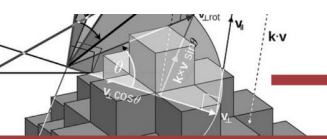
A metodologia constitui um instrumento poderoso para modelar conhecimento, a fim de externalizar o conhecimento tácito em que ocorre todo o processo da organização, com vistas a construir melhor um projeto, em especial, os sistemas baseados em conhecimento, para atender melhor às características e às necessidades da organização. Além de SC, ela também pode ser destinada para outras medidas de gestão do conhecimento em uma organização. Isto é, ela oferece os instrumentos e métodos que visem gerar mais compartilhamento do conhecimento da organização, como também reduzir o tempo no desenvolvimento de novos projetos, devido a sua grande reusabilidade (ESPINDOLA, 2013).

Para tanto, o CommonKADS se organiza como um conjunto de seis modelos independentes, dispostos em planilhas, que descrevem diferentes fontes de informação, possibilitando a análise da viabilidade de um projeto de SC, como também a implantação deste. Tais modelos, embora independentes, relacionam-se com os demais, podendo ser desenvolvidos em diferentes momentos e por diferentes equipes.

O Modelo de Organização (MO) objetiva apresentar um panorama sobre os elementos primordiais da estrutura organizacional, apresentando os problemas e oportunidades, os processos, agentes, recursos, conhecimento, entre outros elementos. Por sua vez, o Modelo de Tarefa (MT) mapeia as tarefas existentes na organização apresentando o fluxo, sua organização, objetivo, agentes, recursos, qualidade e desempenho, entre outros. No MT apresenta-se também a avaliação dos itens de conhecimento, realizando um detalhamento do conhecimento. Por fim, o Modelo de Agente (MA) objetiva indicar o papel dos agentes envolvidos nas tarefas, apresentando suas atribuições, competências, conhecimentos, etc.

4. METODOLOGIA COMMONKADS APLICADA À SEPE

Muito do conhecimento necessário para desenvolvimento das atividades de organização da SEPE é tácito e de posse de poucos agentes, que normalmente, ocupam cargos de gestão. Cabe destacar, que para o levantamento das informações sobre o evento, foram consultadas a página da SEPE e membros da comissão geral organizadora, por meio de entrevistas estruturadas.



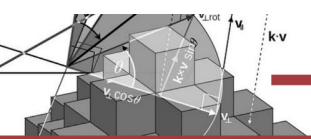
Dessa forma, com o intuito de gerar, compartilhar e preservar os conhecimentos necessários à execução dos processos para a organização da SEPE, foram modelados, por meio de planilhas do CommonKADS, o contexto organizacional, as tarefas e os agentes, a fim de levantar os responsáveis pelo planejamento, organização e execução do evento e as tarefas intensivas em conhecimento, que hoje não são explicitadas e formalizadas, para que fosse possível reutilizar as experiências, objetivando aprimorar os seus processos.

4.1 Modelo da Organização (MO) da SEPE

As planilhas do Modelo de Organização (MO) são fundamentais, uma vez que possuem a atribuição de fornecer uma visão sistêmica da organização. Desta forma, este item apresentará as planilhas MO. Abaixo é apresentada a MO1, que basicamente indica os problemas e oportunidades da organização, indicando assim a atual situação da organização. Um dos principais problemas, que também é visto como uma oportunidade, é o alto número de atividades (palestras, seminários, mini cursos, oficinas, etc.), o que dificulta seu gerenciamento, assim como, representa um dos pontos fortes da organização.

Quadro 1: Modelo de Organização 01 – Problemas e Oportunidades.

Modelo organizacional	MO1 – Problemas e oportunidades
Problemas e oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldades na sensibilização de docentes na participação do evento; • Dificuldades para captação de recursos externos; • Falta de calendário prévio para organização do evento; • Incerteza sobre os recursos financeiros, efetivamente, disponíveis; • Servidores sobrecarregados, em razão da má distribuição de tarefas; • Conhecimento da operacionalização do evento é tácito e concentrado na figura de poucos servidores; • Conciliar as atividades, de tal forma que, todos os cursos em todos os níveis estejam contemplados com atividades, durante os três turnos no período de realização do evento. <ul style="list-style-type: none"> • O conhecimento como insumo para o desenvolvimento da região; • Criação de oportunidades de interação entre os distintos níveis das áreas da instituição; • Criação de oportunidades de interação do meio acadêmico com a sociedade do entorno; • Acesso das tecnologias empregadas atualmente no mercado; • Interesse de pesquisadores externos à instituição, em participar do evento.
Contexto organizacional	<p>Objetivo Construir, compartilhar e divulgar conhecimento pautados na tríade ensino, pesquisa e extensão, de trabalhos desenvolvidos em nível local e regional;</p> <p>Fatores externos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser percebido pela sociedade como referência em produção de conhecimento teórico e prático; • Crescente aumento de profissionais da macrorregião no evento; • Demanda por profissionais qualificados nas áreas de interesse da macrorregião; <p>Estratégia Promover maior sensibilização da comunidade interna e externa em relação ao evento.</p>
Soluções	<ol style="list-style-type: none"> 1. Formalizar os processos e fluxos necessários para a realização do evento, de tal forma que o conhecimento sobre a organização do mesmo torne-se de fácil acesso para todos os envolvidos; 2. Prever a realização do evento no calendário acadêmico da instituição;



3. Organizar um “calendário” próprio do evento;
4. Identificar fontes de financiamento internas e externas para o evento;
5. Criar um sistema que mantenha a memória dos eventos realizados, funcionando como fonte de consulta para servidores que atuarão em organizações futuras.

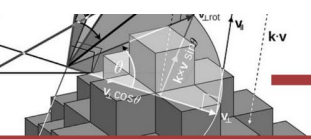
Fonte: Dados da pesquisa (2019).

A segunda planilha objetiva apresentar os aspectos variantes, isto é, a estrutura organizacional, os processos, as pessoas, os recursos, o conhecimento e a relação de cultura e poder que existe na organização. Cabe destacar que, a organização em análise é um evento, de forma que foi apresentada a estrutura organizacional e demais variáveis da SEPE.

Quadro 2: Modelo de Organização 02 – Aspectos Variantes.

Modelo organizacional	MO2 – Aspectos variants
Estrutura	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comissão Geral Organizadora 2. Subcomissão de Atividades 3. Subcomissão de Cerimonial, Comunicação e Marketing; 4. Subcomissão Científica; 5. Subcomissão de Credenciamento, Controle de Frequência e Certificação; 6. Subcomissão de Cultura e Arte; 7. Subcomissão de Decoração e Paisagismo; 8. Subcomissão de Finanças; 9. Subcomissão de Infraestrutura; 10. Subcomissão de Infraestrutura Tecnológica e Audiovisual; 11. Subcomissão de Logística; 12. Subcomissão do Painel de Integração; 13. Subcomissão de Recepção e Alimentação; 14. Subcomissão de Representação Estudantil.
Processos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Chamada dos Interessados em atuar na SEPE; 2. Definição dos coordenadores das subcomissões e composição das equipes; 3. Abertura dos trabalhos entre os coordenadores; 4. Definição das atividades e atribuições; 5. Definição do calendário do evento, utilização dos espaços e definição de horários; 6. Definição dos palestrantes e ministrantes de atividades; 7. A partir das definições de palestrantes e ministrantes, é feito um ajuste das atividades; 8. Consolidação do calendário de atividades do evento: “sincronizar” espaços, horários, áreas e níveis (Ensino Médio Técnico e Superior).
Pessoas	<ul style="list-style-type: none"> • Presidente da SEPE (coordenador da Comissão Geral Organizadora); • Coordenadores das Subcomissões; • Equipe de Execução; • Centros Acadêmicos e Grêmio Estudantil.
Recursos	Salas de aula, Auditório, Laboratórios, Ginásio, Computadores, Projetores, Sala de Recepção dos palestrantes, <i>Coffee Break</i> , Diárias e passagens, Transporte.
Conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecimento dos cursos e respectivas áreas; • Conhecimento sobre os espaços e recursos disponíveis neles (projetor, internet, televisão, capacidade, localização); • Saber a quem recorrer em casos de imprevistos.
Cultura e Poder	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa cultura no compartilhamento de conhecimento (o conhecimento sobre as tarefas, processos e organização concentrado em poucas pessoas); • Pouca comunicação entre as pessoas; • Poder de influência de determinadas áreas em relação a outros; • Falta de balanço pós-evento, para identificar possíveis pontos a serem corrigidos, para as próximas edições.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).



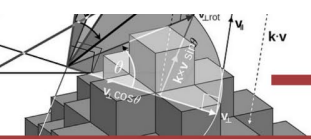
Apesar de todos os processos envolvidos na construção do evento, definiu-se como escopo deste trabalho os processos dos itens 6, 7 e 8, uma vez que são atividades intensivas em conhecimento e que demandam um alto envolvimento da equipe organizadora.

No quadro 3 apresenta-se o detalhamento dos processos elencados no quadro 2, indicando o agente envolvido, o local, a atividade de conhecimento, se é intensiva em conhecimento e sua relevância no contexto organizacional.

Quadro 3: Modelo de Organização 03 – Detalhamento dos Processos.

MO	MO3 – Detalhamento dos Processos					
ID	Tarefa	Realizada por (Agente)	Local	Ativo de Conhecimento	Intensiva em conhecimento	Relevância
1	Chamada dos Interessados em atuar na SEPE;	Presidente da SEPE	E-mail da SEPE	Lista de e-mails	Não	2
2	Definição dos coordenadores das subcomissões e composição das equipes;	Presidente da SEPE	E-mail da SEPE	Indicação do presidente da SEPE	Sim	3
3	Abertura dos trabalhos;	Comissão Geral Organizadora	Comissão Geral Organizadora	Experiências anteriores	Sim	4
4	Definição das atividades e atribuições;	Coordenadores e membros das subcomissões	Subcomissões	Experiências anteriores	Sim	5
5	Definição do calendário do evento, utilização dos espaços e definição de horários;	Presidente da SEPE, coordenadores dos cursos e coordenador da Subcomissão de Logística	Reunião entre os agentes	Conhecimento sobre a estrutura orgânica e física do IFC - Araquari	Sim	5
6	Definição dos palestrantes e ministrantes de atividades;	Coordenação de curso e membros dos Centros Acadêmicos e do Grêmio Estudantil	Reunião entre os agentes	<i>Networking</i>	Não	5
7	A partir das definições de palestrantes e ministrantes, é feito um ajuste das atividades;	Coordenador da Subcomissão de Atividades	Subcomissão de Atividades	Conhecimento sobre a estrutura física e sobre horários de funcionamento dos cursos	Sim	5
8	Consolidação do calendário de atividades do evento: “sincronizar” espaços, horários, áreas e níveis (Ensino Médio Técnico e Superior).	Coordenador da Subcomissão de Atividades e da Subcomissão de Logística	Subcomissão de Atividades e Subcomissão de Logística	Conhecimento sobre a estrutura física e sobre horários de funcionamento dos cursos	Sim	5

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

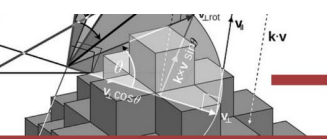


O quadro 4 apresenta os principais ativos do conhecimento da organização, indicando quem possui o conhecimento, se o mesmo é tratado de forma correta, qual a sua localização e se está correta, se o tempo e sua qualidade de utilização estão adequadas, sendo possível assim, identificar os pontos que estão fragilizados e, que portanto, deverão ser melhorados. Pelo quadro é possível observar que a grande maioria dos itens, não se encontram na forma, no local ou na qualidade correta.

Quadro 4: Modelo de Organização 04 – Ativos de Conhecimento.

Modelo organizacional	MO4 – Ativos de conhecimento				
Ativo	Possuído por	Usado em	Forma correta?	Local correto ?	Qualidade adequada?
Lista de e-mails	Presidente da SEPE	Chamada dos Interessados em atuar na SEPE;	Sim	Sim	Sim
Indicação do presidente da SEPE	Presidente da SEPE	Definição dos coordenadores das subcomissões e composição das equipes;	Não, estabelecer critérios para indicação dos coordenadores	Não	Sim
Experiências anteriores	Comissão Geral Organizadora	Reunião de abertura dos trabalhos;	Não, necessário documentar	Sim	Não
Experiências anteriores	Coordenadores e membros das subcomissões	Reunião para definição das atividades e atribuições;	Não, necessário documentar	Sim	Não
Conhecimento sobre a estrutura orgânica e física do IFC – Araquari	Presidente da SEPE, coordenadores dos cursos de graduação e coordenador da Subcomissão de Logística	Definição do calendário do evento, utilização dos espaços e definição de horários;	Sim, para estrutura orgânica e, não para a estrutura física, necessário documentar esta última	Sim	Não
<i>Networking</i>	Coordenação de curso e membros dos Centros Acadêmicos e do Grêmio Estudantil	Definição dos palestrantes e ministrantes de atividades;	Não, devido ao alto grau de informalidade	Sim	Não
Conhecimento sobre a estrutura física e sobre horários de funcionamento dos cursos	Coordenador da Subcomissão de Atividades	A partir das definições de palestrantes e ministrantes, é feito um ajuste das atividades;	Não, para a estrutura física e, sim para o horário de funcionamento dos cursos	Sim	Não
Conhecimento sobre a estrutura física e sobre horários de funcionamento dos cursos	Coordenador da Subcomissão de Atividades e da Subcomissão de Logística	Consolidação do calendário de atividades do evento: “sincronizar” espaços, horários, áreas e níveis (Ensino Médio Técnico e Superior).	Não, para a estrutura física e, sim para o horário de funcionamento dos cursos	Sim	Não

Fonte: Dados da pesquisa (2019).



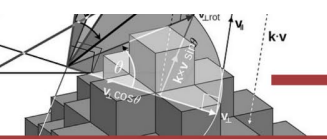
Neste item, com base nos modelos de organização apresentados até aqui é possível construir um panorama sobre a organização analisada, de forma a ser possível verificar a viabilidade da implantação do SC. Com base nas variáveis analisadas anteriormente, considerou-se como viável a proposta.

Quadro 5: Modelo de Organização 05 – Checklist para a tomada de decisão de viabilidade.

Modelo Organizacional	MO5 – Checklist para a tomada de decisão de viabilidade
Viabilidade de negócio	Considerando que a maioria do conhecimento referente à organização do evento é tácito, a formalização, isto é, a transformação do conhecimento tácito para explícito tende a gerar resultados positivos e a um custo zero, embora haja o custo da necessidade de mudança organizacional. A Cultura Organizacional, por sua vez, demonstra constante interesse na utilização de ferramentas que contribuam para a organização do evento e ações de gestão do conhecimento em geral.
Viabilidade técnica	Tecnicamente, a construção de um sistema de conhecimento de apoio à organização da SEPE é viável, a partir da evolução da engenharia do conhecimento e das tecnologias de informação e comunicação. Ainda, a instituição possui uma área de TI, com infraestrutura suficiente e profissionais familiarizados com o desenvolvimento de sistemas de informação e que possuem conhecimento de métodos, técnicas e ferramentas para o desenvolvimento de sistemas, o que tornaria factível a modelagem e a construção de um sistema de conhecimento. Espera-se obter maior eficiência na construção de horários, evitando choques, por exemplo. Além disso, a construção do sistema permitiria maior controle, garantindo isonomia entre a divisão dos recursos disponíveis. Ainda, o sistema permitiria que o conhecimento armazenado estivesse disponível e acessível, facilitando o seu compartilhamento e disseminação, de forma a aprimorar o processo e otimizar o tempo despendido para a organização do evento.
Viabilidade do projeto	Há uma predisposição dos atores envolvidos na SEPE em contribuir e fazer os ajustes necessários para a implementação do sistema, bem como auxiliar na criação, no armazenamento, no compartilhamento e na disseminação do conhecimento. Quanto aos recursos necessários, cabe destacar que a instituição conta também, para além dos profissionais de TI, com a Fábrica de Software, um espaço que pode contribuir com o desenvolvimento do sistema de conhecimento. Por sua vez, as soluções propostas estão alinhadas com os problemas enfrentados pela organização do evento.
Ações propostas	Considerando o problema da gestão de atividades, a ação proposta é a de construção de um sistema que apoie o gerenciamento das atividades, considerando as variáveis envolvidas no processo: horários, turnos, áreas e cursos envolvidos e, níveis (ensino médio técnico e graduação). Tal ação, demanda um alto envolvimento e uma confluência da gestão, dos agentes detentores do conhecimento, e dos profissionais especializados para a construção do sistema. Cabe destacar, que a mudança de gestão representa um risco, uma vez que o comprometimento para a implementação das ações propostas poderá não ser prioridade para a nova gestão. Por fim, mas não menos importante, destaca-se que o sistema por si só, não se apresenta como uma solução completa, sendo necessário a implementação de ações de Gestão do Conhecimento, de tal forma a integrar os colaboradores, desenvolver as competências necessárias para o compartilhamento e a disseminação do conhecimento tácito.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Considerando que as planilhas de MO indicaram a viabilidade da implantação, o próximo passo consistiu em apresentar as planilhas de Modelo de Tarefa (MT).



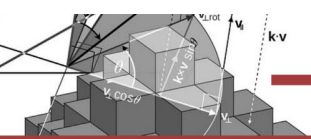
4.2 Modelo de tarefa (MT) da SEPE

Neste item serão apresentadas as tarefas da SEPE indicando algumas características importantes, tais como objetivos, objetos, agentes envolvidos, tempo, conhecimento, qualidade e desempenho. Cabe destacar que foram selecionadas duas tarefas, a saber: a 5 e a 8, apresentadas na MO-03, isto porque guardam relação direta com as atividades intensivas em conhecimento da Subcomissão de Atividades, selecionada aqui em razão do seu papel essencial para a SEPE.

Quadro 6: Modelo de Tarefa 01 – Análise da Tarefa 5.

Modelo de Tarefa	TM1 – Análise de tarefa
Tarefa	Definição do calendário do evento, utilização dos espaços e definição de horários
Organização	Consiste na 5ª tarefa da organização, sendo que o evento só ocorrerá se esta etapa for realizada com sucesso. São responsáveis o presidente da SEPE, os coordenadores do curso de graduação e o coordenador da Subcomissão de Logística
Objetivo ou Valor Agregado	Objetivo: Construir o consenso em relação ao calendário e a utilização dos espaços, de forma que todos os cursos sejam contemplados de forma isonômica. Valor Agregado: Construir um calendário coeso com os horários, de forma que ajustes não sejam necessários.
Dependências e Fluxo	Entrada: Proposta de calendário. Saída: Calendário fechado, com distribuição de horários e espaços.
Objetos Manuseados	Entrada: Proposta de calendário, após deliberações. Saída: Proposta de calendário.
Tempos e Controles	Frequência: uma vez, a cada evento. Duração: uma reunião. Pré-condições: informações preliminares sobre espaços, horários e data de início e fim do evento. Pós-condições: construir as atividades, conforme o calendário.
Agentes	Presidente da SEPE; Coordenadores dos cursos de graduação; Coordenador da Subcomissão de Logística.
Conhecimento e Competência	Conhecer os espaços físicos disponíveis da instituição, o horário de funcionamento dos cursos e as especificidades dos cursos de Ensino Médio-Técnico e Graduação.
Recursos	Informações técnicas sobre espaços e cursos (capacidade de pessoas, recursos disponíveis, etc.).
Qualidade e Desempenho	A tarefa deverá resultar em um calendário coeso e adequado às necessidades dos cursos e estruturas disponíveis na instituição.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).



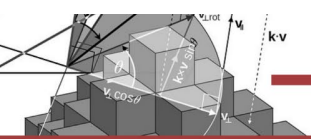
Quadro 7: Modelo de Tarefa 02 – Análise da Tarefa 8.

Modelo de Tarefa	TM1 – Análise de tarefa
Tarefa	Consolidação do calendário de atividades do evento: “sincronizar” espaços, horários, áreas e níveis (Ensino Médio Técnico e Superior).
Organização	Consiste na 8ª tarefa da organização, sendo que consiste na definição final do evento, fundamental para divulgação da agenda do evento para o público interno e externo.
Objetivo ou Valor Agregado	Objetivo: Consolidar o calendário de atividades da SEPE. Valor Agregado: Construir uma programação que contemple as necessidades das áreas.
Dependências e Fluxo	Entrada: Proposta de calendário previamente definida, conforme tarefas 5 e 6. Saída: Calendário consolidado com a programação definitiva da SEPE.
Objetos Manuseados	Entrada: Proposta de calendário, após deliberações. Saída: Programação consolidada.
Tempos e Controles	Frequência: quantas vezes forem necessárias. Duração: depende das demandas. Pré-condições: informações preliminares sobre espaços, horários e atividades. Pós-condições: atividades consolidadas no calendário.
Agentes	Coordenadores da Subcomissão de Atividades; Coordenador da Subcomissão de Logística.
Conhecimento e Competência	Conhecer os espaços físicos, a estrutura dos mesmos, os horários previamente definidos e as especificidades dos cursos nos dois níveis (Ensino Médio Técnico e Graduação).
Recursos	Informações técnicas sobre espaços, atividades, materiais necessários para a realização de atividades, às necessidades dos cursos, e as necessidades de cobrir os horários de funcionamento e aulas dos cursos com atividades durante a semana do evento.
Qualidade e Desempenho	A tarefa deverá resultar em uma programação robusta, que contemple as demandas de todos os cursos e, nos dois níveis (Ensino Médio Técnico e Graduação).

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Observa-se que tanto na tarefa 5, quanto na tarefa 8, há mais de um agente envolvido, envolvendo muitas vezes um conhecimento tácito, isto porque, o mesmo não encontra-se explicitado, dificultando o processo de organização das tarefas.

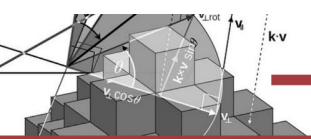
Com base no exposto até aqui, apresenta-se a seguir uma análise dos itens de conhecimento, identificando suas características e indicando a presença de gargalos e, por consequência, a necessidade de melhorias.



Quadro 8: Modelo de Tarefa 02 – Itens de Conhecimento.

Modelo de Tarefa		TM2 – Itens de Conhecimento
Nome: Conhecimento sobre a estrutura orgânica e física do IFC – Araquari		Usado em: Definição do calendário do evento, utilização dos espaços e definição de horários
Pertence ao: Presidente da SEPE, coordenadores dos cursos de graduação e coordenador da Subcomissão de Logística		Domínio: Definição do Calendário
Natureza do Conhecimento		Gargalos /Melhorias
Formal, Rigoroso		x
Empírico, Quantitativo	x	
Heurístico, Regras	x	
Altamente Especializada		
Baseado em Experiência	x	x
Baseado em Atividades	x	
Incompleto		
Incerto, pode estar incorreto	x	x
Mudando rapidamente	x	x
Difícil de verificar	x	x
Tácito, difícil de transmitir		
Formato do Conhecimento		Gargalos/Melhorias
Mente	x	
Papel		x
Formato Eletrônico		x
Habilidade na Ação		
Disponibilidade do Conhecimento		Gargalos/Melhorias
Limitações de Tempo		
Limitações de Espaço		
Limitações de Acesso	x	x
Limitações de Qualidade	x	x
Limitações de Forma	x	x

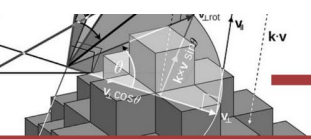
Fonte: Dados da pesquisa (2019).



Quadro 9: Modelo de Tarefa 02 – Itens de Conhecimento.

Modelo de Tarefa	TM2 – Itens de Conhecimento	
Nome: Conhecimento sobre a estrutura física e sobre horários de funcionamento dos cursos	Usado em: Definição do calendário do evento, utilização dos espaços, definição de horários e consolidação da programação do evento.	
Pertence ao: Coordenadores da Subcomissão de Atividades; Coordenador da Subcomissão de Logística.	Domínio: Programação completa do evento	
Natureza do Conhecimento	Gargalos /Melhorias	
Formal, Rigoroso	x	
Empírico, Quantitativo	x	
Heurístico, Regras	x	
Altamente Especializada		
Baseado em Experiência	x	x
Baseado em Atividades	x	
Incompleto		
Incerto, pode estar incorreto	x	x
Mudando rapidamente		
Difícil de verificar		
Tácito, difícil de transmitir		
Formato do Conhecimento	Gargalos/Melhorias	
Mente	x	x
Papel	x	x
Formato Eletrônico	x	x
Habilidade na Ação		x
Disponibilidade do Conhecimento	Gargalos/Melhorias	
Limitações de Tempo		
Limitações de Espaço		
Limitações de Acesso	x	x
Limitações de Qualidade	x	x
Limitações de Forma		

Fonte: Dados da pesquisa (2019).



4.3 Modelo de agente (MA) da SEPE

Os quadros a seguir apresentam as características dos agentes envolvidos nas tarefas selecionadas. Conforme já mencionado, considerando que cada tarefa selecionada possui mais de um agente envolvido, foram apresentados em ambas tabelas todos os agentes envolvidos, sendo os mesmos diferenciados por letras.

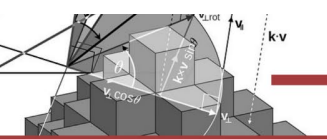
Quadro 10: Modelo de Agente 01 – Agentes 1.

Modelo de Agente	Agentes – Tabela MA-1
Nome	a) Presidente da SEPE b) Coordenadores dos cursos c) Coordenador da Subcomissão de Logística
Organização	Vide MO-2 – Estrutura, com exceção do item b.
Envolvido em	a) Tarefas 1, 2 e 5 b) Tarefas 5 e 6 c) Tarefas 3, 4, 5 e 8
Comunica-se com	Todos os agentes
Conhecimento	a) Estrutura do campus, dos recursos e do pessoal b) Especificidades e necessidades dos cursos c) Estrutura dos espaços e recursos (técnicos e audiovisuais) disponíveis
Outras Competências	N/A
Responsabilidades e Restrições	Responsabilidades a) Coordenar os trabalhos da Comissão Geral Organizadora e das Subcomissões b) Definir junto aos CA's as temáticas de interesse e dos palestrantes e ministrantes c) Coordenar os espaços físicos Restrições a) N/A b) N/A c) Funcionamento dos equipamentos

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Quadro 11: Modelo de Agente 01 – Agentes 2

Modelo de Agente	Agentes – Tabela MA-1
Nome	a) Coordenadores da Subcomissão de Atividades b) Coordenador da Subcomissão de Logística
Organização	Vide MO-2 – Estrutura
Envolvido em	a) Tarefas 3, 4, 7 e 8 b) Tarefas 3, 4, 5 e 8
Comunica-se com	Todos os agentes
Conhecimento	a) Especificidades dos cursos, dos espaços, do calendário prévio do evento b) Estrutura dos espaços e recursos (técnicos e audiovisuais) disponíveis
Outras Competências	N/A



Responsabilidades e Restrições	<p>Responsabilidades</p> <p>a) Coordenar e articular todas as atividades b) Coordenar os espaços físicos</p> <p>Restrições</p> <p>a) Atividades dependem da disponibilização de recursos financeiros, datas disponíveis dos palestrantes e ministrantes b) Funcionamento dos equipamentos</p>
---------------------------------------	---

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

A partir do exposto, o seguinte tópico abordará uma síntese de todo o trabalho exposto aqui, de forma a indicar as ações, melhorias, impactos, atitudes e compromissos que deverão permear a organização.

4.4 Modelo proposto (OTA) da SEPE: Recomendações e ações necessárias

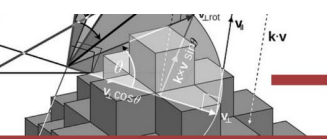
A partir de todas as informações levantadas e apresentadas nos quadros acima em relação à organização, tarefa e agente, a OTA, apresentada no quadro abaixo, consiste num documento de decisão gerencial e que visa impactar de forma positiva a organização. Cabe destacar que esse documento considera a estrutura, processos, recursos, agentes, conhecimento, cultura e poder, bem como as demais variáveis apresentadas em todos os quadros.

Quadro 12: Modelo OTA.

Modelo da Organização, Agente e Tarefa	OTA – Checklist de Impacto e Melhoramento
Impactos e Mudanças na Organização	Não há necessidade de mudanças na estrutura da organização do evento, pois a organização tal qual apresenta-se atualmente atende às necessidades. Entretanto, serão necessárias algumas mudanças no que diz respeito aos registros de processos, da memória do evento, etc. Os impactos tendem a ser positivos, uma vez que as mudanças implementadas impactarão positivamente, de forma a otimizar o tempo dedicado à organização do evento.
Impactos e Mudanças Específicos a Tarefas/Agentes	A proposta de construção do sistema de conhecimento possibilitará a transformação do conhecimento tácito em explícito, facilitando assim, o compartilhamento e armazenamento do mesmo, de tal forma que outras pessoas poderão contribuir na organização do evento. Assim, verificam-se impactos nas tarefas, uma vez que o tempo, a organização e a consolidação serão otimizadas.
Atitudes e compromissos	É necessário investir tempo para explicitar o conhecimento, de forma que a participação dos agentes envolvidos, em especial, os detentores de conhecimento tácito são essenciais para este processo. Historicamente, estes agentes têm demonstrado disposição para isso.
Ações Propostas	Demonstrar comprometimento e disposição para a transformação do conhecimento, para a construção do sistema de conhecimento e para a efetiva implementação dessas práticas, de forma a transformar a cultura organizacional do evento, de forma a torná-lo despersonalizado.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Observa-se importantes ganhos para a SEPE, em especial, nas tarefas da Subcomissão de Atividades que são complexas e demandam forte dedicação da equipe, com vistas a



concretizar o evento. Assim, na próxima seção apresenta-se a discussão do trabalho e as conclusões obtidas com a modelagem da SEPE.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A SEPE é um evento que ocorre no IFC - Araquari, desde 2016, e já teve três edições. Considerando a dimensão do evento em 2018, que contou com mais de 1400 participantes, aproximadamente 90 palestrantes e atividades e mais de 200 trabalhos apresentados, a SEPE tem como uma de suas principais tarefas intensivas em conhecimento, a organização das atividades que atendem a esse público (SEPE, s/a). Nesse sentido, a organização das atividades, de forma a atender todas as necessidades e especificidades dos cursos e, considerando que é uma das tarefas mais sensíveis do evento, demanda muito tempo e conhecimento dos agentes, conhecimento este que ainda é tácito.

Assim, foi construído ao longo do trabalho o MO, o MT e o MA, todos estes apresentados no item 3 deste trabalho, por meio das planilhas. A partir do exposto, foi possível identificar a organização das atividades como o ponto fulcral da SEPE. Considera-se que o objetivo deste trabalho foi alcançado, uma vez que consistia em analisar a viabilidade para implementação de sistema de conhecimento com foco na Subcomissão de Atividades, o que foi avaliado como viável pela análise das planilhas.

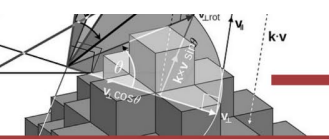
Espera-se a partir da metodologia utilizada, fornecer aos agentes envolvidos na SEPE uma visão sistêmica da organização, além de possibilitar que a metodologia apoie outras atividades, possibilitando assim um efeito em cadeia nas demais subcomissões.

Por fim, a efetiva implementação possibilitará a transformação do conhecimento tácito em explícito, resolvendo assim também, um ponto sensível da organização que é o de poucas pessoas serem detentoras do conhecimento utilizado para o evento.

REFERÊNCIAS

DIAS, M. M.; PACHECO, R. C. dos S. Uma visão geral de metodologias para o desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento. **DataGramZero**, v. 10, n. 5, 2009. Disponível em: <<http://www.brapci.inf.br/index.php/article/download/7892>>. Acessado em: Dez. 2022.

ESPINDOLA, V. K. **Aplicação da Metodologia Commonkads para Apoio à Gestão do Conhecimento de uma Empresa de Telecomunicações**. 2013. p. 108 Trabalho de Conclusão



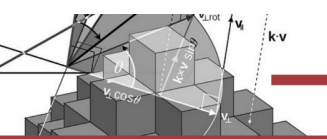
de Curso em Graduação em Sistemas de Informação da Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, SC, Brasil, 2013. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/11044/1/107728_Vinicius.pdf>. Acessado em: Nov. 2022.

INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE (IFC). **História do Campus Araquari**. Disponível em: <<https://araquari.ifc.edu.br/historia-do-campus-araquari/>>. Acessado em: Jan. 2023.

SCHREIBER, G. *et al.* **Knowledge engineering and management: the CommonKADS methodology**. Cambridge: MIT Press, 2000.

SEMANA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO (SEPE). **Sobre o evento**. Disponível em: <<http://eventos.ifc.edu.br/sepe/sobre-o-evento/>>. Acessado em: Out. 2018.

WERNEVK, V. M *et al.* **Uma Avaliação da Metodologia MAS-CommonKADS**. In: Proceedings of the Second Workshop on Software Engineering for Agent-oriented Systems, 2006. pp. 13-24. Disponível em: <https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos_projetos/projeto_822/Artigo3.pdf>. Acessado em: Nov. 2019.



CAPÍTULO 10

EGCFLOW: UMA APLICAÇÃO DE APOIO AO CICLO DE VIDA DE DADOS ABERTOS CONECTADOS

Jefferson de Oliveira Chaves
José Leomar Todesco

RESUMO

O processo de produção e manutenção de conjuntos de dados abertos conectados, constitui-se como uma tarefa complexa e onerosa, mas necessária no cenário de expansão da web de dados. Diante disso, apresentou-se a modelagem e implementação de uma aplicação para suporte à produção e a manutenção de Dados Abertos Conectados, por meio da automatização dos fluxos de trabalho, intitulada EGCFlow. Como resultado foi possível verificar a aplicabilidade e contribuição da aplicação para a produção de conjuntos de dados abertos conectados, garantindo escala e repetibilidade a esse processo.

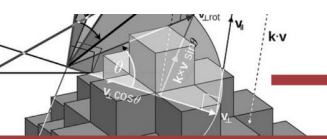
PALAVRAS-CHAVE: Dados Abertos Conectados. Automatização. Web semântica. EGCFlow.

1. INTRODUÇÃO

Os desafios impostos pela publicação de conjuntos de dados em formatos abertos e conectados, tornaram essencial a adoção de boas práticas para possibilitar que o gerenciamento de conjuntos de dados conectados fosse mais consistente e padronizado. Dentre as boas práticas atualmente recomendadas pela W3C, destacam-se as Boas Práticas para Publicação de Dados na Web (DWBP, por sua sigla em inglês) propostas por Lóscio, Burle e Calegari (2017) e as Boas Práticas para Publicar Dados Conectados propostas por Hyland, Ateazing e Villazón-Terrazas (2014).

As DWBP englobam um universo de variáveis que vão desde o formato de publicação dos dados, até a descrição desses conjuntos de dados e o fornecimento de licenças de uso. A adoção dessas boas práticas, implica em uma série de benefícios, tais como: compreensibilidade; facilidade de processamento; facilidade de descoberta; reúso; confiança; capacidade de conexão de dados; facilidade de acesso; e interoperabilidade (LÓSCIO *et al.*, 2018).

Uma vez que as DWBP apresentavam boas práticas para publicação de dados de forma geral, e observando o crescente aumento da publicação de dados, principalmente os governamentais, em formato aberto na web, o W3C, por meio de um grupo de trabalho criado para o estudo de Dados Conectados Governamentais, estabeleceu uma série de boas práticas para facilitar o desenvolvimento e fornecimento de dados, especificamente, como Dados



Abertos Conectados. Essa recomendação ficou denominada como Boas Práticas para Publicação de Dados Conectados (HYLAND; ATEMEZING; VILLAZÓN-TERRAZAS, 2014).

Além da adoção de boas práticas, tornou-se fundamental, para a transformação de dados brutos em Dados Abertos Conectados de alta qualidade e em grande escala, que cada organização adotasse adicionalmente um processo metodológico, que compreenda um conjunto de atividades ou fases bem definidas. A esse processo convencionou-se chamar de Ciclo de Vida de Publicação de Dados Abertos Conectados.

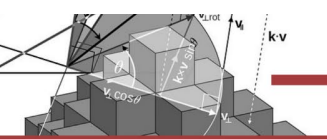
Ressalta-se que os ciclos de vida são diversos e, conforme mencionado, delimitam uma série de fases estabelecidas, que devem ser seguidas para a publicação e consumo de dados na web. Neste trabalho, adotou-se a abordagem proposta por Auer (2014), intitulada Linked Data Lifecycle.

O Linked Data Lifecycle, apresenta um ciclo de vida cujo propósito é o desenvolvimento e compartilhamento de bases de dados conectados na web. De acordo com Rautenberg *et al.* (2018), esse processo foi aplicado com êxito em diversos projetos de publicação de dados conectados, devido, especialmente, ao conjunto de ferramentas computacionais que suportam suas atividades. Ainda, conforme Rautenberg *et al.* (2018), este ciclo de vida compreende as seguintes etapas: i) Extração; ii) Armazenamento/Consulta; iii) Revisão Manual/Autoria; iv) Interligação/Fusão; v) Classificação/Enriquecimento; vi) Análise de Qualidade; vii) Evolução/Reparação; e viii) Busca/Navegação/Exploração.

As atividades do ciclo de vida proposto no Linked Data Lifecycle são suportadas por um ferramental tecnológico denominado de Linked Data Stack, cujos objetivos principais são o de facilitar tanto a distribuição, quanto a instalação de ferramentas e componentes, além de diminuir a carga de informações entre os componentes, visando assim uma melhor experiência do usuário (RAUTENBERG *et al.*, 2018).

O ferramental proposto pela Linked Data Stack inspirou a modelagem e a implementação dos algoritmos da aplicação proposta por este trabalho, contudo, optou-se pela sua não utilização, uma vez que, a aplicação proposta tem como um de seus princípios ser independente de domínio, de configurações de ambiente e de orquestração de ferramentas de terceiros.

Para que uma aplicação voltada à web semântica seja implementada, contemplando as etapas previstas nos ciclos de vida de publicação de Dados Abertos Conectados, tais como a



extração, transformação, mapeamento e conexão com outros conjuntos de dados, e observando outros aspectos fundamentais, como proveniência, reprodutibilidade e repetibilidade de fluxos de execução, foi proposta por Rautenberg *et al.* (2016) a ontologia denominada *Linked Data Workflow Project Ontology* (LDWPO).

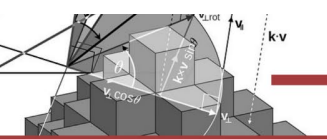
A LDWPO, foi apresentada como um modelo de conhecimento para a estrutura de fluxo de trabalho para Dados Conectados, objetivando auxiliar a descrição do processo metodológico, do plano de fluxo de trabalho e das execuções dos fluxos de trabalho para produção e reprodução de Dados Conectados, possibilitando assim, a reprodutibilidade e repetibilidade das etapas de processamento de Dados Conectados (RAUTENBERG *et al.*, 2016).

Nesse sentido, a proposta deste trabalho é apresentar uma aplicação para apoiar e dar escala à produção e manutenção de conjuntos de Dados Abertos Conectados por meio da automatização desse processo, apoiando-se nas boas práticas, tendo em vista o ciclo de vida de publicação de dados abertos conectados e tendo como base ontológica a LDWPO. A aplicação em questão é denominada EGCFLOW.

2. DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

Assim como já discutido anteriormente, a produção e publicação de Dados Abertos Conectados é uma tarefa complexa. Esse contexto fez com que fossem propostos métodos, técnicas e ferramentas para suporte à execução desta tarefa. Contudo, a orquestração de todo o aparato tecnológico veio acompanhada de grandes desafios, alguns já citados anteriormente, dentre os quais destacam-se: i) aplicações construídas com caráter ad hoc, atendendo a produção de conjuntos de dados específicos; ii) exigência de conhecimento técnico e domínio de distintos softwares, que suportem as diversas etapas necessárias para publicação do conjunto de dados em formato aberto e conectado; iii) dificuldade na repetibilidade e reprodutibilidade quanto à produção de conjuntos de dados, sem a necessidade de reconfiguração do ambiente de produção.

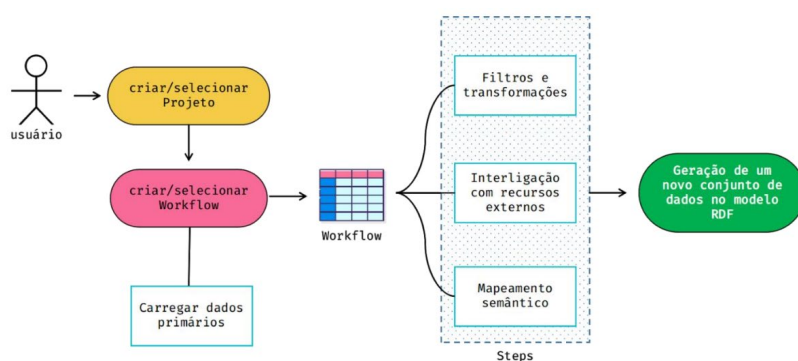
Esse cenário motivou o desenvolvimento da ferramenta, intitulada de *Easy, General and Creative Flow* – EGCFlow. A ferramenta proposta tem como objetivo, a sistematização do processo de produção de dados abertos e conectados, por meio da criação de fluxos de trabalho, em que conjuntos de dados primários são carregados, transformados, semantificados e conectados a outras fontes de dados, automatizando e dando escala à produção de conjuntos de dados no modelo de metadados RDF.



primários, com o intuito de transformar, limpar, conectar a outros recursos e semantificar os recursos presentes nesse conjunto de dados. Após a execução de um ou mais *Steps*, o usuário poderá exportar o conjunto de dados resultante para um novo conjunto de dados de acordo com o modelo RDF.

A definição do escopo possibilitou que fosse delineado o fluxo de uso da aplicação. Esse fluxo, simplificado, pode ser observado na Figura 1.

Figura 1: Fluxo simplificado da aplicação.



Fonte: Autoria própria (2021).

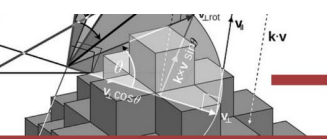
Dentre os principais recursos da aplicação destacam-se: i) a criação de Projetos; ii) a criação de Workflows; iii) seleção de conjuntos de dados iv) a criação de passos para transformação, filtro, limpeza, correção dos dados, aqui chamados de Steps; v) a interligação desses dados com a DBpedia; vi) o mapeamento semântico e; vii) exportação desses dados.

2.1 Steps

A criação de um *Step*, baseado no conceito *LDWSteps*, da LDWPO tem como objetivo a execução de uma ou mais operações sobre o conjunto de dados de entrada, utilizando-se algoritmos em Java, consultas a banco de dados de triplas ou relacionais, além de outras operações a fim de produzir um conjunto de dados seguindo o modelo RDF.

A implementação dos *Steps* foi desenvolvida de modo a permitir o encapsulamento de parâmetros necessários para realizar a execução, a reversão ou o agendamento de uma ação para execução automatizada.

Essa estratégia possibilitou que a execução, inclusão e reaproveitamento de *Steps* fossem simplificadas. Isso significa que, ao se realizar um *Step* em um *Workflow*, esse mesmo *Step* pode, eventualmente, ser executado mais de uma vez ou mesmo ser utilizado por outros



Workflows. A abordagem adotada, ainda permitiu que praticamente qualquer operação pudesse ser implementada como um *Step*, de forma a usufruir os benefícios mencionados acima.

2.2 Interligação com a DBpedia

O ciclo de vida proposto por Auer (2014), tem como uma de suas etapas a Interligação ou Fusão. Nesta etapa, um conjunto de dados é interligado a outro, com o intuito de ampliar os contextos de pesquisa e consulta.

Assim, este *Step* teve como objetivo vincular os recursos presentes no conjunto de dados primários a outros conjuntos de dados (*mashup* semântico), nesse caso a DBpedia¹¹, de modo que a união entre esses conjuntos de dados contribuísse para criação de dados mais completos. Além da interligação entre conceitos ser um dos princípios da *web* semântica e viabilizar a chamada “*Web* de Dados Conectados”, a interligação faz com que o conjunto de dados resultado alcance cinco estrelas, de acordo com o modelo proposto por Berners-Lee.

A realização desse *Step* faz com que cada linha da coluna selecionada seja associada a um recurso presente na DBpedia, quando existir, desde que a informação presente nessa linha contenha o mesmo nome ou identificador desse recurso, e que os tipos selecionados pelo usuário estejam presentes nesse mesmo recurso.

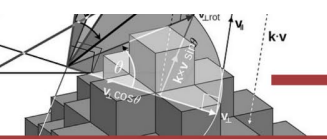
Os resultados encontrados irão compor as triplas do modelo RDF por meio do predicado `<owl:sameAs>`, que significa que dois URIs diferentes representam o mesmo recurso do mundo real, ligando os recursos do conjunto de dados com os da DBpedia. Ao ser salvo, esse *Step* será agendado para ser executado no momento de exportação do conjunto de dados RDF.

2.3 Mapeamento Semântico

O objetivo deste *Step* é criar um modelo semântico para definição dos recursos existentes no domínio, por meio da atribuição de propriedades e relacionamentos que podem ser usados para descrevê-los, apoiando-se pelo uso de vocabulários e ontologias de referência. Esse modelo deve ser projetado pelo usuário, de modo a selecionar os dados que irão compor as triplas que farão parte do modelo RDF resultante.

A abordagem utilizada consistiu na criação de um modelo baseado em triplas RDF, para o mapeamento das informações presentes na representação tabular, de modo que as colunas,

¹¹ A DBpedia é um dos principais nós da *web* de dados. Foi utilizada para este projeto como ponto de conexão para dados abertos conectados.

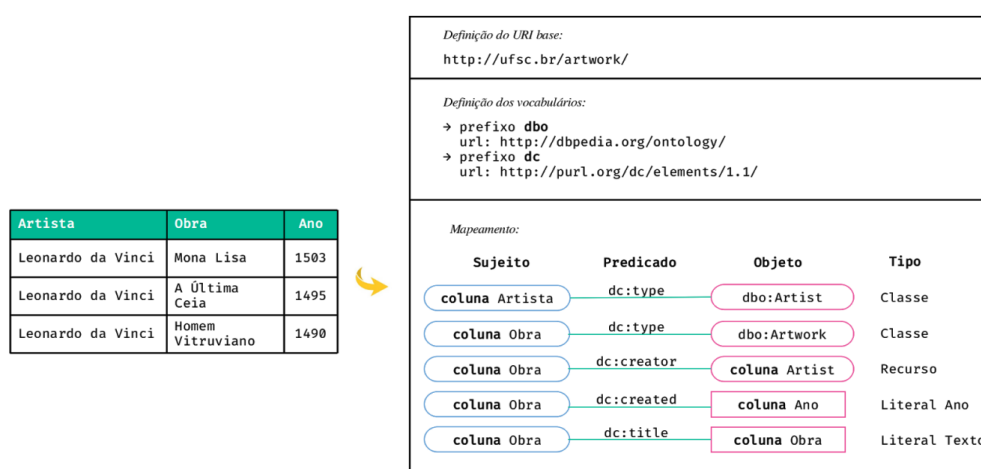


identificadas por seus cabeçalhos, fossem descritas como parte de uma tripla RDF, na forma <sujeito><predicado><objeto>.

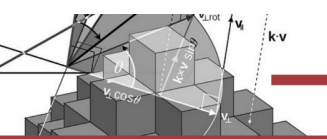
Os sujeitos são definidos por meio da seleção da coluna da representação tabular, ao qual se deseja atribuir predicados. Os sujeitos devem ser recursos identificados por URIs. Os predicados especificam como os sujeitos e os objetos estão relacionados e devem ser definidos por meio do uso de vocabulários de referência que melhor identifiquem o conjunto de dados, aumentando a expressividade e reduzindo ambiguidades. Este *Step* oferece suporte a reutilização de ontologias e vocabulários existentes. Dessa forma, o vocabulário deve ser importado, informando-se um prefixo e o *link* para o vocabulário, ou realizando o *upload* do arquivo, nos formatos RDF e OWL, com o vocabulário. Ao se importar um vocabulário, são importadas suas propriedades (propriedades de objeto e de tipo de dados) e suas classes, que podem ser usadas para representar um objeto na tripla. Por fim, os objetos podem ser representados por literais definidos pelo XML *Schema DataType*, por classes da ontologia importada ou por outros recursos, selecionando-se as colunas ao qual se deseja conectar.

Quando um recurso é mapeado, é necessário que esteja devidamente identificado por URIs únicos, uma vez que representa um recurso específico na *web* de dados. Nesse sentido, este *Step* gerencia a escrita automatizada de URIs de acordo com o modelo $\{workflow_uri\}/\{column\}/\{data\}$. Nesse modelo, $\{workflow_uri\}$ está relacionada com um URI válida, definida no momento de criação do *Workflow*. O $\{column\}$, por sua vez, refere-se à coluna em que o recurso está disposto e $\{data\}$ descreve à própria coisa a qual se refere o recurso. A Figura 2 ilustra o procedimento para realizar o mapeamento semântico.

Figura 2: Mapeamento Semântico.



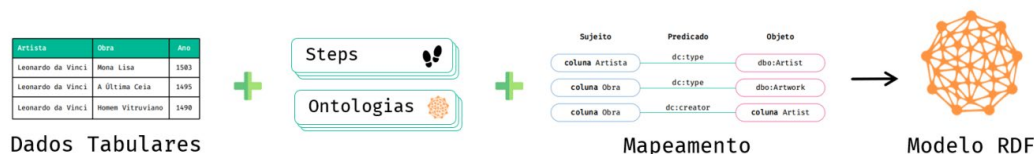
Fonte: Autoria própria (2021).



Além dos *Steps* de interligação com a DBpedia e de mapeamento semântico, outros *Steps* foram implementados, com o intuito de realizar transformações no conjunto de dados primários.

É importante salientar que, os *Steps* executados em um *Workflow*, podem ser reaproveitados em outros *Workflows*. Para concretizar a criação da base de conhecimento ainda é necessária a execução de uma última etapa pelo usuário, chamada aqui de exportação. É nesta etapa que os dados dispostos no modelo tabular são traduzidos para o modelo RDF. A Figura 3 representa um esquema desta etapa.

Figura 3: Visão geral do processo de geração do Modelo RDF.



Fonte: Autoria própria (2021).

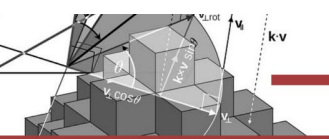
A execução desta etapa é gerenciada por um *WorkflowExecution*, responsável pela criação da base de conhecimento, por meio da combinação do *Step* de Mapeamento Semântico e dos dados no modelo tabular. O *WorkflowExecution* ainda é responsável por verificar os *Steps* agendados para antes ou após a criação da base de conhecimento e executá-los.

3. CASO DE USO DO EGCFLOW: ELEIÇÕES 2018

A fim de demonstrar seu uso, optou-se pela utilização de dados primários do mundo real, referentes às eleições no Brasil. A complexidade inerente ao processo eleitoral, associado ao desafio gerado pelo fato de que os dados relacionados às eleições, muitas vezes, não estão adequados ao processamento computacional, acaba por gerar inconvenientes em sua coleta, modelagem, padronização, consumo e combinação com outros conjuntos de dados, impactando no uso dos mesmos e, conseqüentemente, na produção de conhecimento acerca deles.

3.1 Criação de Projeto e *Workflows*

Para criação do projeto, foram registrados: i) nome do projeto: “Eleições 2018”; ii) homepage: <<http://ufsc.edu.br/eleicoes>>; iii) autor: John Doe; iv) palavras-chave: Eleições, Eleições Federais, Eleições 2018; v) idioma: pt-br; vi) propósito: transformar e conectar dados das eleições de 2018; v) descrição: Número de votos por candidato das eleições de 2018. É importante destacar que após a criação do projeto, automaticamente, foi criada uma pasta no computador do usuário, em que foram salvos os artefatos, separados por *Workflow*, referentes a este Projeto.

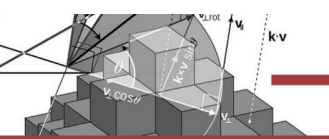


Um Projeto é o ponto de partida para criação de *Workflows*. Cada *Workflow* de um Projeto possui um conjunto de dados primários relacionados a um mesmo conteúdo ou tema, mas que apresenta distinções quanto a sua categoria, grupo, licença, cobertura geográfica ou tempo. Neste exemplo, os *Workflows* foram criados baseados na unidade federativa em que os dados foram produzidos, ou seja, por cobertura geográfica. A seleção dos estados ocorreu por ordem alfabética, de forma que o estado do Acre foi o primeiro selecionado. Para a criação de um *Workflow*, é necessário informar: i) um nome; ii) um URI, que será utilizado como base para criação dos recursos; iii) fonte primária; iv) cobertura espacial; v) período temporal; vi) o padrão de codificação do documento; vii) o caractere separador, para o caso de arquivos CSV ou TSV; viii) uma licença; e por fim, ix) o próprio arquivo contendo os dados primários.

O *Workflow* em questão foi intitulado de “Votação Acre”. Seu URI foi definido como `<http://ufsc.br/eleicoes/votacao_acre/2018/v1/>`. Esse URI permite que seja identificada a versão desse conjunto de dados (v1), além de compor os URIs dos recursos contidos no conjunto de dados. Definiu-se a fonte primária dos dados como o *link* que aponta para sua fonte original, `<https://cdn.tse.jus.br/estatistica/sead/eleicoes/eleicoes2018/buweb/BWEB_1t_AC_10102081938.zip>`, qual seja

A cobertura espacial, por sua vez, foi definida como o estado do Acre. Já o período temporal foi definido como 2018. A licença foi selecionada, com base na Portaria nº 93, de 12 de fevereiro de 2021, do TSE, que define os dados em questão como dados abertos. Assim a *The Open Government License* (OGL) foi selecionada, dentro de um rol de 10 (dez) licenças disponibilizadas pela aplicação. O padrão de codificação utilizado, segundo informado pelo TSE no arquivo “leiamme”, é o Latin 1, também conhecido como “ISO_8859_1”, sendo, portanto, este padrão o selecionado para o *Workflow*. O caractere separador “ponto e vírgula” foi selecionado para este conjunto de dados e, por fim, o arquivo contendo os dados do Acre, no formato CSV, foi selecionado.

Ao ser criado um *Workflow*, uma pasta com seu nome é criada dentro da pasta do Projeto e o conjunto de dados primários é armazenado nesta pasta. Concluída a criação do *Workflow*, é possível a execução dos *Steps* para transformar, semantificar e gerar os dados no modelo RDF, etapa descrita no próximo item.



3.2 Execução de Steps

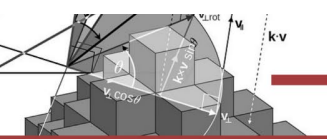
Após a criação do projeto e do *Workflow*, foram executados uma série de *Steps*, a fim de melhor estruturar os dados. As alterações no conjunto de dados realizado por cada *Step* podem ser vistas abaixo: i) renomear cabeçalhos: neste *Step*, os cabeçalhos das colunas da tabela de dados foram renomeados. Colunas com abreviações foram renomeadas com seus nomes por extenso, a fim de melhor descrever os recursos associados; ii) reordenar Conjunto de Dados: neste *Step*, o conjunto de dados foi reordenado, a partir da execução do *Step* “Reordenar Conjunto de Dados”, aplicado à coluna “MUNICÍPIO”. Cabe destacar que, a reordenação, ainda que tenha sido aplicada à coluna supracitada, se estende às demais colunas do conjunto de dados. Dessa forma, a tabela de dados foi disposta de maneira organizada, em ordem alfabética crescente; iii) normalizar caixa alta/caixa baixa: os dados primários apresentavam, ora dados em caixa baixa, ora dados em caixa alta. Assim optou-se, para fins de padronização, a transformação das colunas com textos em caixa baixa para caixa alta; iv) filtrar: o *Step* de Filtro, permite que linhas sejam filtradas de acordo com o valor de seus campos. Neste caso, foi aplicado o *Step* de Filtro à coluna “DESCRIÇÃO TIPO VOTÁVEL”, com o objetivo de manter no conjunto de dados, apenas os dados referentes a votos nominais, excluindo linhas cujos valores dessa coluna fossem iguais a “LEGENDA”, “BRANCO” ou “NULO”.

3.3 Execução do Mapeamento Semântico

Neste *Step*, foi necessário realizar manualmente um conjunto de tarefas para o mapeamento. A primeira delas consistiu na importação das ontologias e vocabulários para definição das classes e propriedades, que iriam compor o mapeamento. Deste modo, foram importadas a ontologia de “Eleições”, identificada pelo prefixo <ele>, o vocabulário RDF, identificado pelo prefixo <rdf> e o vocabulário *Dublin Core*, identificado pelo prefixo <dc>. Após a configuração das ontologias e vocabulários, é necessário realizar o mapeamento semântico. O mapeamento segue o modelo proposto pelas triplas RDF, estabelecendo uma relação binária entre dois recursos, ou um recurso e um literal, conectados por meio de um predicado.

3.4 Interligar à DBpedia

Neste *Step*, os recursos da coluna “MUNICÍPIO” foram associados a recursos presentes na DBpedia, quando existentes. Para execução deste *Step* foi necessário selecionar as classes que melhor descreviam os recursos dessa coluna. As classes listadas foram obtidas a partir de uma amostra, neste caso, uma cidade presente na coluna.



Como resultado, foram retornados 65 (sessenta e cinco) recursos, cujo rótulo ou nome continham o texto “Rio Branco”. Entre esses recursos, figuravam recursos relacionados a rios, times de futebol, lugares, pessoas e cidades. Assim, com o objetivo de filtrar tais resultados foi selecionada, dentre as classes disponibilizadas, a classe `<http://dbpedia.org/ontology/Town>`, que representa o conceito de cidade. Como resultado foram retornados quatro recursos, quais sejam: Rio Branco do Ivaí; Rio Branco, Mato Grosso; Rio Branco, Acre; e Rio Branco do Sul.

Como a classe selecionada se aplicava a outros recursos, que não somente a cidade Rio Branco para o Estado do Acre, optou-se pela seleção de uma classe mais específica, a classe `<http://dbpedia.org/class/yago/WikicatPopulatedPlacesInAcre(state)>`, que retornou de forma correta os recursos relacionados à cidade do estado do Acre.

Foi realizada uma verificação manual de cada uma das 22 (vinte e duas) cidades do estado, a fim de averiguar a consistência do *Step*. Realizada a seleção da classe para interligação com a DBpedia, foi necessário salvar o *Step*.

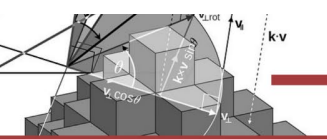
3.5 Exportação de Dados

Realizados os *Steps* desejados, foi necessário realizar a exportação dos dados do *Workflow*. Suportado pelo mapeamento semântico, a exportação dos dados criou os modelos RDF serializados nos formatos *Turtle*, JSON-LD e RDF/XML.

A fim de fornecer informações e proveniência acerca do conjunto de dados gerado, nesta etapa foi criado um relatório em formato RDF. Neste relatório foram adicionados metadados descritivos e estruturais, com o objetivo de enriquecer o entendimento, tanto do conjunto de dados, quanto do seu processo de criação. Além disso, foram adicionadas informações acerca da proveniência da fonte primária de dados. Nesse sentido, o relatório criado apresenta as informações de título, autor, origem, palavras chave, data de criação, cobertura espacial, período temporal, licença, objetivo, descrição, bem como a lista de *Steps* executados para transformar, interligar e gerar o conjunto de dados em RDF.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho se propôs a pensar soluções orientadas para sanar o problema de apoio e escalabilidade à produção e manutenção de Dados Abertos Conectados, por meio da automatização de fluxos de trabalho. É necessário que os dados sejam publicados seguindo práticas, que permitam que os dados possam ser compreendidos e utilizados por consumidores, além de ser passíveis de processamento por agentes de *software*.



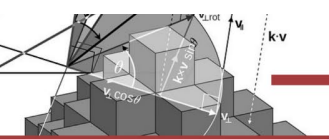
A utilização do EGCFLOW por meio do emprego em cenário real das eleições brasileiras, demonstrou a aplicabilidade da aplicação e o cumprimento do objetivo proposto para o trabalho: apoiar e dar escala à produção e manutenção de conjunto de Dados Abertos Conectados, por meio da automatização de fluxos de trabalho.

A aplicação desenvolvida resultou em uma série de benefícios de ordem técnica, dentre os quais destacam-se: i) a produção de conjuntos de dados abertos conectados, sem a dependência de distintas ferramentas ou conhecimentos técnicos aprofundados; ii) a flexibilidade de utilização, possibilitando o uso para distintos casos, uma vez que o do sistema eleitoral brasileiro utilizado aqui, foi apenas um exemplo; iii) a criação e reutilização dos fluxos de trabalho, otimizando, dentre outros fatores, o tempo; e iv) a interface semiautomatizada para execução dos fluxos de trabalho. De forma indireta a aplicação tem potencial para proporcionar outros benefícios quando adotada. Ao se analisar o que é possível realizar, para além da execução da aplicação, mas observando-se os benefícios de se utilizar os conjuntos de dados por ela produzidos, é possível destacar diversos benefícios relacionados à gestão para organizações de caráter tanto público quanto privado, dentre os quais destacam-se: i) aumento do uso e reúso de dados; ii) aumento na transparência; iii) geração de valor; iv) *accountability*; v) aumento na qualidade de dados; vi) apoio à tomada de decisões; e vii) geração de conhecimento. Todos estes elementos contribuem, direta ou indiretamente, nos processos de gestão do conhecimento em distintas organizações.

Assim, considerando-se as múltiplas iniciativas de caráter internacional, como a *Open Government Partnership*; a previsão do direito de acesso à informação na Declaração Universal dos Direitos Humanos, da qual o Brasil é signatário, bem como na própria Constituição Federal de 1988; a Lei de Acesso à Informação e o Decreto que institui a Política de Dados Abertos do Poder Executivo Federal, é possível observar que há cada vez mais um movimento na direção para a expansão de uma *Web* de Dados.

REFERÊNCIAS

AUER, S. Introduction to LOD2. *In*: AUER, S.; BRYL, V.; TRAMP, S. **Linked Open Data - Creating Knowledge Out of Interlinked Data: Results of the LOD2 Project**. Berlim: Springer, 2014.



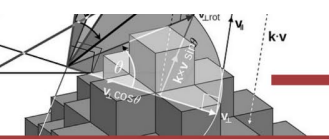
HYLAND, B.; ATEMEZING, G.; VILLAZÓN-TERRAZAS, B. **Best Practices for Publishing Linked Data**. 2014. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/ld-bp/>>. Acessado em: Mai. 2022.

LÓSCIO, B.; BURLE, C.; CALEGARI, N. **Data on the Web Best Practices**. 2017. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/dwbp/#bib-LD-BP>>. Acessado em: Mai, 2022.

LÓSCIO, B. *et al.* **Fundamentos para publicação de dados na web**. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2018. Disponível em: <<https://ceweb.br/media/docs/publicacoes/1/fundamentos-publicacao-dados-web.pdf>>. Acessado em: Mai. 2022.

RAUTENBERG, S. *et al.* **Guia Prático para Publicação de Dados Abertos Conectados na Web**. Curitiba: Appris, 2018.

Rautenberg, S. *et al.* **LDWPO – A lightweight Ontology for Linked Data management**. CEUR Workshop Proceedings, 2016. Disponível em: <<https://ceur-ws.org/Vol-1862/paper-05.pdf>>. Acessado em: Mai. 2022.



CAPÍTULO 11

PROPOSTA DE UMA ONTOLOGIA PARA O SISTEMA ELEITORAL BRASILEIRO

Jefferson de Oliveira Chaves
José Leomar Todesco

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma proposta de ontologia para o sistema eleitoral brasileiro, de forma a possibilitar o compartilhamento de um entendimento comum acerca da mesma. Para tal, foram utilizadas a metodologia *Ontology Development 101* e as aplicações *OntoKEM* e *Protégé*, como ferramentas de apoio ao processo de desenvolvimento. Os resultados obtidos possibilitaram a compreensão, de forma holística, do domínio proposto, além de indicar potencial para sua utilização por distintas áreas, como instrumento para criação de novos conhecimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Ontologia. Sistema Eleitoral. *Ontology Development 101*.

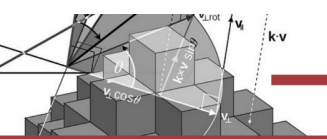
1. INTRODUÇÃO

A eleição é um processo de escolha coletiva em que são eleitos os representantes da população para os Poderes Executivo e Legislativo, de acordo com o sistema eleitoral. Este, por sua vez, consiste num conjunto “estruturado e funcional de regras, instrumentos e mecanismos para conferir, de forma legítima, mandato político aos representantes do povo [...]” (AZEVEDO, 2014, p. 187). A escolha dessa representação é definida pelo voto secreto e direto, no qual o cidadão manifesta sua escolha, de forma individual, no ato de votação.

No Brasil, as eleições são realizadas empregando-se dois sistemas eleitorais distintos: o majoritário, utilizado nas eleições para o Executivo e o Senado Federal, e o proporcional, utilizado para as eleições do Legislativo (TORRES, 2014). A estrutura eleitoral ainda é composta por uma série de componentes e variáveis, tais como a existência de partidos e coligações; a própria adoção de dois sistemas eleitorais, que por sua vez pode ser dividido em subsistemas; a presença do cálculo de quociente eleitoral para as eleições de Legislativo e as configurações de seções e zonas eleitorais.

Além disso, os dados relacionados às eleições, tais como o quociente eleitoral partidário, o número de comparecimentos, votação por candidato e o próprio resultado da eleição, embora encontrados com relativa facilidade, muitas vezes são apresentados em formatos não estruturados, não computacionalmente interpretáveis, ou não ontológicos.

Assim, este trabalho propõe-se a construir uma ontologia para representar o sistema eleitoral brasileiro, com o intuito de promover o compartilhamento de um entendimento comum



acerca da organização e dos componentes envolvidos em uma eleição, além da relação entre estes componentes.

Para tal, após esta introdução, a segunda seção tratará, de forma pormenorizada, do problema em questão. Na terceira seção será apresentada a ontologia da eleição. Por sua vez, na quarta seção será apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento da ontologia. Já a quinta seção apresentará os resultados e, por fim, serão apresentadas as considerações finais.

2. ESTRUTURA ELEITORAL BRASILEIRA

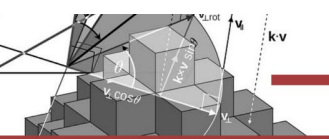
A complexidade inerente ao processo eleitoral, associado ao desafio gerado pelo fato de que os dados relacionados às eleições, muitas vezes, não estão adequados ao processamento computacional, acaba por gerar inconvenientes em sua coleta, modelagem, padronização, consumo e combinação com outros conjuntos de dados, impactando o uso dos mesmos e, conseqüentemente, a produção de conhecimento acerca deles. De acordo com Isotani e Bittencourt (2015), isso demonstra a importância que, tanto a representação e a estruturação, quanto a conexão entre conjuntos de dados distintos possuem no processo de recuperação e produção de novos conhecimentos. Esse problema poderia ser mitigado, por meio da utilização de representações mais robustas, tais como o uso de ontologias.

Dessa forma, este trabalho tem o objetivo de propor uma ontologia cujo domínio de interesse é a eleição. Para tal, sua construção baseou-se, principalmente, nos dados de resultados das eleições disponíveis no portal de dados do governo federal. Foram combinados os dados dos arquivos contendo a votação nominal por município e zona, votação do partido por município e zona, votação por seção eleitoral, detalhe da apuração por município e zona e, detalhe da apuração por seção eleitoral.

Pretende-se que esta ontologia possa ser utilizada para comunicação e compartilhamento do conhecimento, uma vez que permitirá práticas referentes à compreensão dos conceitos da estrutura eleitoral brasileira. Além disso, será possível utilizá-la para integração de conhecimento, isto é, viabilizar a integração com outros conjuntos de dados, além de permitir que sejam executadas tarefas que visam a produção de novos conhecimentos (MIKA; AKKERMANS, 2004).

3. METODOLOGIA E PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento desta ontologia, baseou-se nos processos estabelecidos na *Ontology Development 101* e nos métodos empregados em ontologias já consolidadas, tais como *Linked*



Data Workflow Project Ontology. Como ferramentas de apoio ao desenvolvimento, foram utilizadas a plataforma online OntoKEM e a aplicação Protégé em sua versão 5.2.0.

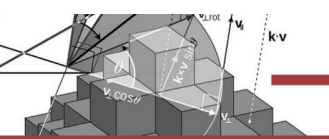
A Ontology Development 101 estabelece os seguintes processos para desenvolvimento de uma ontologia: determinar escopo; considerar reuso; enumerar termos; definir classes; definir propriedades; definir restrições e criar instâncias. Esses processos, foram agrupados em três atividades principais: i) especificação da ontologia; ii) aquisição do conhecimento, e iii) implementação. Cabe ressaltar que este não foi um processo sequencial, mas sim iterativo.

A atividade de especificação buscou responder às seguintes perguntas: i) *Qual o propósito da ontologia?* Esta ontologia tem como propósito modelar a estrutura eleitoral brasileira, com o intuito de prover o compartilhamento de um entendimento comum acerca da organização e dos componentes envolvidos em uma eleição; ii) *Qual o escopo da ontologia?* Domínio Eleitoral Brasileiro, exceto as eleições municipais; iii) *Quais fontes de conhecimento e reuso podem ser aplicadas a esta ontologia?* Foram identificadas como fonte de conhecimento a ontologia Friend of a Friend (FOAF) por já possuir definição de conceitos utilizados pela ontologia, tais como Agent, Person e Organization, e o Repositório de dados eleitorais, disponibilizado pelo Tribunal Superior Eleitoral (TSE).

A atividade de aquisição do conhecimento envolveu processos para conceitualização e formalização da ontologia. Como suporte à realização desta tarefa, utilizou-se a ferramenta OntoKEM, que permitiu o cadastro de perguntas de competência, a identificação dos termos e relações e, sua posterior classificação. Esta etapa teve como primeira atividade a realização de perguntas de competência, quais sejam:

- Como está configurada a estrutura das eleições majoritárias brasileiras?
- Quais são os cargos políticos de uma eleição federal/estadual?
- Como são definidas as zonas eleitorais e as seções eleitorais?
- Quais são os candidatos de uma determinada eleição?
- O que são partidos e coligações?
- Quais os candidatos mais votados em uma determinada localidade?

Como resultado desta etapa, foram obtidos os seguintes termos, separados entre verbos e substantivos:



Quadro 1: Termos obtidos.

Substantivos: Eleição; Presidente; Governador; Senador; Deputado Federal; Deputado Estadual; Partido; Sigla; Legenda; Posicionamento político; Candidatos; nome; nome de candidato; número; âmbito (município, estado, país); poder (executivo, legislativo, judiciário); Eleitor; Zona Eleitoral; Município; Seção; eleitorado; abstenção; Turno; ano; coligação; localização Estado; Endereço; logradouro; número; bairro; Votação; Voto por seção; votos brancos; nulos; anulados; voto por candidato; votos válidos; Local de votação.

Verbos: votar; está em; faz parte de; concorrer; vota para; justifica.

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Alguns termos encontrados puderam ser reutilizados da ontologia FOAF: Agent, Group, Organization, Person e Name.

Posteriormente, foram conceitualizadas as principais classes, bem como foram identificadas as propriedades de dados e objetos utilizando-se a OntoKEM. Após essa etapa, o projeto foi exportado do OntoKEM para o Protégé, um editor ontológico consolidado, gratuito e de código aberto. Isso se deu ao fato de o Protégé apresentar ferramentas mais robustas para lidar com a ontologia.

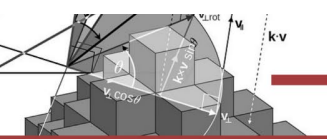
Com a ontologia carregada no Protégé, definiu-se a hierarquia de classes e suas relações, mapeou-se as propriedades de dados e as propriedades de objetos das classes. As propriedades, tanto de dados, quanto de objetos foram refinadas.

A terceira atividade, de implementação da ontologia, concentrou-se na criação das instâncias e na valoração das propriedades das classes. Para tal, foi utilizado o plugin Cellfie, disponível para o Protégé. O plugin permite que dados no formato .csv sejam importados, automatizando-se assim, o processo de criação das instâncias, por meio de scripts escritos usando a Manchester OWL Syntax.

Uma quarta etapa, de verificação da ontologia foi realizada e é descrita na seção de resultados.

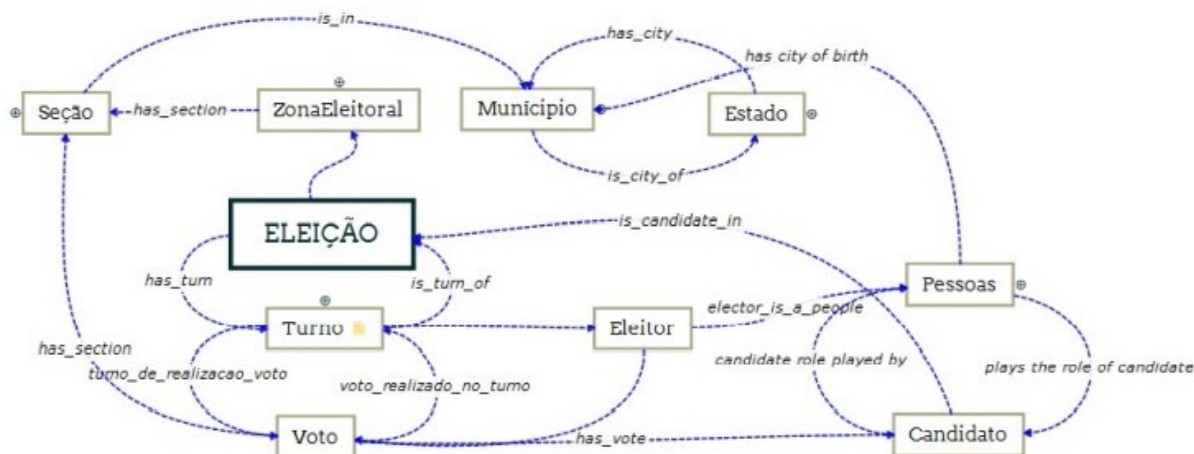
3.1 Definição dos termos, classes e seus relacionamentos

A ontologia construída é composta por 28 classes: “*Âmbito, Poder, Cargo, Eleição, Turno, Voto, Seção, Zona Eleitoral, Município, Estado, Local de Votação*”. Ainda foram criadas as subclasses: “*Deputado Estadual, Deputado Federal, Governador, Presidente e Senador*” como subclasse de *Cargo*; *Coligação*, como subclasse de *foaf:Group*; *Partido* como subclasse de *foaf:Organization*, *Candidato* e *Eleitor*, como subclasse *foaf:Person*, *Executivo* e *Legislativo* como subclasse de *Poder* e as classes *Voto Candidato* e *Voto Seção*, como subclasse da classe *Voto*.



As classes foram modeladas de forma que pudessem ser representados os resultados das eleições para qualquer âmbito, para qualquer cargo, em qualquer sistema eleitoral. Essa representação genérica foi realizada apoiando-se nos conjuntos de dados de eleições do Governo Federal. As classes Município e Estado embora não sejam pilares da ontologia, tem fundamental importância, pois irão permitir a relação com outras ontologias. Uma visão geral da ontologia pode ser vista na Figura 1. Propriedades de dados e algumas propriedades de objetos (relações) foram ocultadas em face à legibilidade.

Figura 1: Uma visão geral da ontologia modelada.



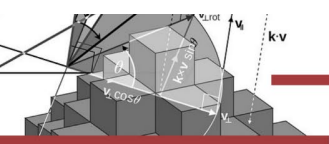
Fonte: Autoria própria (2019).

A ontologia aqui desenvolvida, pode ser classificada: i) quanto a sua hierarquia, como uma ontologia de domínio – definindo e caracterizando o domínio, mas o suficientemente flexível para que possam ser aplicados em outros domínios (GUARINO, 1998); ii) quanto a sua expressividade, pode ser classificada como uma ontologia de maior expressividade (GOMEZ-PÉREZ; CORCHO, 2002) e, iii) quanto ao conteúdo representado, como sendo para modelagem de conhecimento (HEIJST; SCHREIBER; WIELINGA, 1997).

A ontologia completa, um mapa mental usado para uma representação gráfica, bem como o roteiro e os *scripts* usados para se criar as instâncias da ontologia, podem ser encontrados no repositório online criado para este trabalho.

4. RESULTADOS

Neste trabalho construiu-se uma ontologia do sistema eleitoral brasileiro. Sua modelagem, realizada a partir da combinação de conjuntos dados isolados em uma ontologia, permitiram o compartilhamento de um entendimento comum acerca da organização e dos componentes envolvidos. A utilização do mecanismo de inferência Pellet, componente do



Protégé, permitiu que inconsistências fossem verificadas, além de computar automaticamente outras classes e axiomas.

As questões de competência, bem como outras questões puderam ser respondidas pelas próprias instâncias da ontologia, como por exemplo o número de votantes por seção, a quantidade de votos brancos e nulos por seção, ou o número de eleitores que votaram em determinado candidato.

Além disso, conforme um dos objetivos estabelecidos, modelar a ontologia em uma linguagem formal, neste caso OWL-DL, permitiu a identificação dos conceitos da estrutura eleitoral, bem como suas propriedades e relações, inserindo semântica a essa representação.

Assim, esta ontologia apresenta um total de 28 classes, 30 propriedades de objetos, mais de 30 propriedades de dados e mais de 17 mil instâncias de classes. Isso resultou em mais de 124 mil axiomas.

Por fim, com o intuito de confrontar a aplicabilidade da ontologia, foram formuladas duas questões, quais sejam: a) qual a quantidade de eleitores de um determinado município? b) qual o candidato a Governador mais votado em Santa Catarina? As Figuras 2 e 3 trazem, respectivamente, as consultas SPARQL que respondem a essas perguntas.

Figura 2: Consulta em resposta à questão “a”.

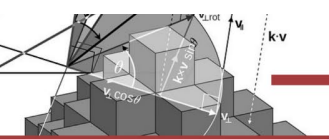
```
SELECT ?municipio (SUM(?aptos) as ?soma) WHERE {
  ?municipio rdf:type ele:Municipio.
  ?secoes eleicao:secao_esta_localizada_municipio ?municipio;
           eleicao:votos-secao_tem_qtd_aptos ?aptos.
}
GROUP BY ?municipio
ORDER BY ?municipio
```

Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 3: Consulta em resposta à questão “b”.

```
SELECT ?candidato (MAX(SUM(?numero_votos)) as ?mais_votado) WHERE {
  ?candidato rdf:type ele:Candidato.
  ?candidato ele:concorre_ao_cargo_de ele:Governador.
  ?candidato ele:candidato_tem_numero ?candidato_numero.
  ?secao rdf:type ele:Secao.
  ?secao ele:secao_esta_localizada_estado ele:SantaCatarina.
  ?votos_secao ele:votos-secao_realizados_na_secao ?secao;
              ele:voto-candidato_tem_numero_votos ?numero_votos.
}
GROUP BY ?candidato
ORDER BY ?mais_votado
LIMIT 1
```

Fonte: Autoria própria (2019).



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou construir uma ontologia para representação da estrutura eleitoral brasileira. Embora, tenham sido encontrados alguns problemas de ordem técnica, foi possível obter respostas para distintas perguntas no que diz respeito à estrutura eleitoral brasileira. Percebeu-se potencial para a utilização desta ontologia, por diversas áreas de conhecimento, de forma a possibilitar a construção de análises consonantes com a realidade. Assim, a partir disso, novos conhecimentos poderão ser construídos.

Como trabalhos futuros poderão ser construídas ontologias que possibilitem a importação dos dados para além do estado de Santa Catarina. Ainda, espera-se adicionar dados com perfil do eleitor a esta ontologia, compreendendo que esta faz parte deste domínio.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, R. F. de B. C. **Um modelo ontológico do sistema eleitoral brasileiro**. 2014. 208 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) - Faculdade de Ciência da Informação, Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/17303/1/2014_RafaelFernandesdeBarrosCostaAzevedo.pdf> . Acessado em: Jan. 2020.

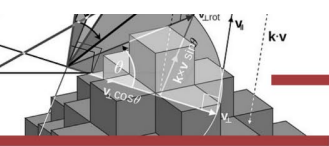
GÓMEZ-PÉREZ, A.; CORCHO, O. Ontology Languages for the Semantic Web. **IEEE Intelligent Systems**, v. 17, n. 1, p. 54-60, 2002. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/988453>> . Acessado em: Jan. 2020.

GUARINO, N. Formal Ontology in Information Systems. In: GUARINO, N. (ed). **Formal Ontology in Information Systems**. Amsterdam: IOS Press, 1998.

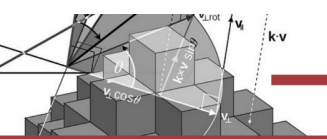
ISOTANI, S.; BITTENCOURT, I. I. **Dados abertos conectados**. São Paulo: Novatec Editora, 2015.

MIKA, P.; AKKERMANS, H. Towards a new synthesis of ontology technology and knowledge management. **The Knowledge Engineering Review**, v. 19, n. 4, p. 317-345, 2005. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/knowledge-engineering-review/article/abs/towards-a-new-synthesis-of-ontology-technology-and-knowledge-management/D06FB4E27C5B26A9B7FF28DFC74CE8AA>> . Acessado em: Jan. 2020.

TORRES, D. Sistemas Eleitorais Brasileiros. **Revista eletrônica EJE**, n. 4, ano 4. Disponível em: <<http://www.tse.jus.br/o-tse/escola-judiciaria-eleitoral/publicacoes/revistas-da-eje/artigos/revista-eletronica-eje-n.-4-ano-4/sistemas-eleitorais-brasileiros>>. Acessado em: Nov, 2022.



VAN HEIJST, G.; SCHREIBER, A.; WIELINGA, B. Using explicit ontologies in KBS development. **Int . J . Human – Computer Studies**, v. 45, p. 183–292, 1997. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1071581996900907>> . Acessado em: Fev. 2020.



CAPÍTULO 12

ACESSIBILIDADE E IDENTIDADE DIGITAL: UM ESTUDO DE CASO ACERCA DA ADEQUAÇÃO DO PORTAL INSTITUCIONAL DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA CATARINENSE

Jefferson de Oliveira Chaves
Ivo Marcos Riegel
Marcio Marcelo Piffer
Erick Gomes Hostin
Jeliel Braz
Yuri Hattenhauer Salvador

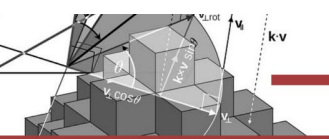
RESUMO

As orientações gerais e práticas na implementação de portais governamentais são baseadas em diversas padronizações. Assim, este trabalho visa apresentar um panorama da adoção de tais padrões via um estudo de caso e adequação do portal institucional do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense. Esses objetivos se dividiram em dois momentos: (a) reimplementar o sítio existente em consideração aos padrões de acessibilidade atuais, obedecendo os modelos preconizados, os Padrões *web*, a Lei de Acesso à Informação e o Decreto nº 5.296, de 2004 do Governo Federal e; (b) aprimorar a área administrativa da aplicação atendendo critérios de segurança e escala em aderência ao padrão do governo provendo acessibilidade e acesso ubíquo.

PALAVRAS-CHAVE: Acessibilidade. Identidade Digital. Padrões *web*.

1. INTRODUÇÃO

Em 1989, Timothy John Berners-Lee, nas dependências da Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (CERN), implementou a primeira versão da *World Wide Web*. Desde então, a *web* evoluiu de forma exponencial. Tornou-se ubíqua, revolucionando a forma de comunicação, servindo como fonte de informação e serviços para indivíduos e instituições, sendo essencial para o crescimento econômico, social e tecnológico (TOMAÉL, 2008; MP, 2014). Nesse sentido, instituições passaram a se beneficiar dessa tecnologia, tanto para oferecer serviços, quanto como forma de apresentar-se para a comunidade, por meio de seus portais institucionais. Em muitos casos, o primeiro contato da comunidade se dá por estes portais, de forma que se torna fulcral considerar que o público que irá acessá-lo apresenta necessidades e recursos diversos. Assim, portais devem ser implementados de forma a serem acessíveis a toda e qualquer pessoa, principalmente as que apresentam algum tipo de deficiência para que, aquilo que deveria representar novas oportunidades, não seja apresentado como obstáculo para acessos a esses recursos.



De acordo com o censo realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), existem 42,1 milhões de pessoas acima de 14 anos portadoras de algum tipo de deficiência. Nesse universo, apenas 6,66% possuem curso superior completo (IBGE, 2012). Dessa forma a inacessibilidade na *web*, tenderia a excluir essa parcela da população do acesso de conteúdos publicados neste meio. Ainda que existam tecnologias assistivas, tais como leitores de tela, telas sensíveis ao toque e teclados com teclas ampliadas, que proporcionam ou ampliam as habilidades de pessoas com deficiência, a eficácia de tais tecnologias estão condicionadas ao comprimento de princípios técnicos durante o desenvolvimento de uma aplicação *web* (FERRAZ, 2017).

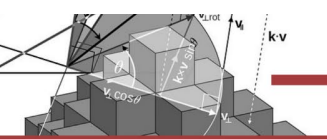
Outrossim, o Governo Federal, como forma de promover a acessibilidade e, tendo em vista sua atribuição de promoção da inclusão social e digital e a diminuição das desigualdades, estabeleceu diversas iniciativas neste sentido. Dentre essas iniciativas, três delas, basilares, serão consideradas nesse trabalho: i) arcabouço jurídico; ii) arcabouço técnico; iii) arcabouço gráfico.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de um portal institucional, acessível, aderente às instruções legais e gráficas para o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense (IFC), levando em consideração sua característica de multi-campi e multissetorial. Para tanto, o desenvolvimento se deu seguindo os padrões *web* vigentes, as recomendações do Modelo de Acessibilidade de Governo Eletrônico (eMAG), fornecido pelo Portal do Governo Eletrônico brasileiro e do WCAG, definido pelo *World Wide Web Consortium* (W3C). Ainda foi observado o desenvolvimento do portal em consonância com a Identidade Padrão de Comunicação Digital seguindo o *template* padrão, construído pela Secretaria Especial de Comunicação Social do Governo (SECOM).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O ambiente proporcionado pela Internet funciona como um espaço de fluxos de comunicação e se mostra adequado para o uso das estratégias de publicidade, especialmente para ampliar a visibilidade institucional e criar relacionamentos com a comunidade (GHISLENI, 2016). Assim, sítios e portais institucionais têm sido empregados em diversos órgãos governamentais, com a finalidade de estreitar relações com a comunidade, publicizar seus atos, objetivando transparência e a disponibilização de serviços. De acordo com a SECOM, um portal institucional no âmbito do governo deve ser concebido como:

[...] uma infraestrutura de portal desenvolvida com base nos eixos Conteúdo, Arquitetura da Informação e Identidade Visual. O portal de cada órgão deve se alinhar



com as propriedades digitais do Governo Federal, gerando um ambiente com credibilidade junto aos internautas (SECOM, 2014, p. 23).

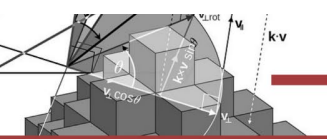
Ainda segundo a SECOM, portais institucionais governamentais ainda devem contemplar os padrões *web*, apresentar-se de forma responsiva, ou seja, adaptar-se a diferentes tamanhos de telas e dispositivos, mantendo a disposição do conteúdo organizada e eficaz. Desta maneira, com o intuito de promover a correta adequação de portais institucionais dos órgãos governamentais às diretrizes da identidade padrão de comunicação digital, a SECOM disponibilizou um modelo para Portal Institucional Padrão. Este modelo visa a padronização e adequação de portais institucionais do Poder Executivo Federal. Para tanto, foi elaborado um manual de diretrizes de comunicação digital do Governo Federal, um guia de estilo de portais da identidade padrão da comunicação digital do Governo Federal e guia para aplicação do eMAG.

2.1 Acessibilidade *web*

É fundamental compreender que o acesso à *web* deve ser concebido por meio de uma abordagem ampla. As percepções sensoriais de cada indivíduo devem ser respeitadas, garantindo-lhes o direito a interagir com a *web*. De acordo com Tim Berners-Lee “[...] o poder da *web* está em sua universalidade. O acesso por todas as pessoas, não obstante a sua deficiência, é um aspecto fundamental [...]” (FREIRE; BITTAR; FORTES, 2008). Para o W3C, “é essencial que a *web* seja acessível, de modo a prover igualdade de acesso e de oportunidades para pessoas com diferentes capacidades”. E acrescenta que “a acessibilidade sustenta a inclusão social de pessoas com deficiência, idosas, residentes em áreas rurais, em países em desenvolvimento, entre outras” (W3C BRASIL, 2013). Dessa forma, buscando-se compreender acessibilidade de forma holística, buscou-se definições para o termo. O Decreto Federal nº 5.296/2004, em seu artigo 8º, I, define acessibilidade como:

[...] condição para utilização, com segurança e autonomia, total ou assistida, dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos serviços de transporte e dos dispositivos, sistemas e meios de comunicação e informação, por pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida (BRASIL, Decreto nº 5.296/2004, n.p).

Ademais, segundo a Lei Brasileira de Inclusão, nº 13.146, de 6 de julho de 2015, que versa sobre a inclusão das pessoas com deficiência, a acessibilidade e o termo utilizado para definir a possibilidade de que qualquer indivíduo possa usufruir de todos os benefícios de uma vida em sociedade, dentre os quais destaca-se o direito do uso da informação e da comunicação, incluindo sistemas digitais e outras tecnologias.



Tais definições são centrais e norteadoras de todas as ações vinculadas, neste caso, ao acesso à informação e comunicação, pois a acessibilidade só existe de fato quando todos conseguem acesso a esses benefícios (QUEIROZ, 2008).

Considerando as definições apresentadas acima, neste trabalho, o termo acessibilidade será compreendido como a possibilidade que indivíduos com deficiência (incluindo pessoas idosas com capacidades em mudança devido ao envelhecimento), ou que se utilizam de outros meios para acesso à *web*, tais como celulares, possam entender, navegar, interagir e contribuir para a *web*.

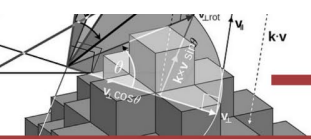
2.2 Modelos de acessibilidade *web*

No mundo todo, inúmeros estudos têm se debruçado sobre o tema acessibilidade, visando aperfeiçoar métodos e técnicas que suportam o desenvolvimento de aplicações *web* acessíveis. Diretrizes e recomendações têm sido propostas com o intuito de viabilizar o desenvolvimento de interfaces acessíveis.

Seguindo esse movimento, o governo brasileiro assinou o Decreto nº 5.296, regulamentando a acessibilidade dos sítios no âmbito da administração pública, de interesse público ou daqueles financiados pela União. Como forma de implantação desse decreto, foi criado um Comitê da Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT) que, após analisar diversas normas de acessibilidade de vários países desenvolveu o eMAG, elaborado pelo Departamento de Governo Eletrônico, para ser referência para as instituições governamentais brasileiras, na construção e adaptação das soluções de governo eletrônico com interface *web* de forma acessível (ENAP, 2015).

O eMAG é formado por uma coleção de recomendações de acessibilidade para portais *web* do governo brasileiro. Foi idealizado de forma a ser alinhado com as necessidades brasileiras, alinhadas aos padrões exigidos internacionalmente. Teve sua primeira versão disponível em 18 de janeiro de 2005 e a versão 2.0, incluindo as alterações propostas à versão 1.0, em 14 de dezembro do mesmo ano.

É importante ressaltar que, em 2007, a Portaria nº 3, de 7 de maio, institucionalizou o eMAG no âmbito do Sistema de Administração dos Recursos de Tecnologia da Informação - SISP, tornando sua observância obrigatória nos sítios e portais do governo brasileiro (BRASIL, 2007). Na nova versão 3.0, foram consideradas as contribuições de especialistas e as novas pesquisas na área de acessibilidade para a *web*, bem como o padrão WCAG 2.0 do W3C.



A *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) é considerada preeminente no que tange às diretrizes de acessibilidade. Disponibilizada em junho de 2018, foi elaborada pelo grupo de trabalho do *Web Accessibility Initiative* (WAI) do comitê internacional W3C, que regula os assuntos ligados à Internet (W3C, 2018).

As diretrizes de acessibilidade na última versão do WCAG comportam um conjunto de recomendações, que para além de tornar a *web* acessível para indivíduos em geral, tem o intuito de tornar a *web* mais acessível para pessoas com deficiência. Além disso, as diretrizes contemplam a acessibilidade do conteúdo da *web* em computadores, notebooks, tablets e outros dispositivos móveis, como celulares.

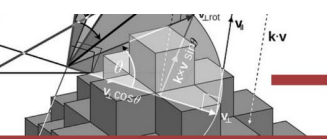
Assim, com o intuito de estar em conformidade com o estabelecido na legislação e nas normas referentes, bem como nas orientações previstas pelo WCAG e pela eMAG do Governo Federal, este projeto buscou a adequação às normas supracitadas e à outras legislações vigentes, tais como o Decreto nº 5.296/2004, o Decreto nº 6.949, em cumprimento às exigências da CGU e da Lei nº 12.527/2011. Dessa forma, o próximo passo deste trabalho consiste em apresentar os métodos e técnicas utilizadas para desenvolvimento do portal aqui proposto.

3. METODOLOGIA

O IFC possui atualmente quinze campi, além da reitoria, distribuídos pelo estado de Santa Catarina. Devido ao fato de a instituição apresentar uma estrutura multi-campi e multissetorial, cada campus, à medida de suas inaugurações, tornaram-se responsáveis pelo desenvolvimento e instalação de seus portais, o que implicou em páginas com características próprias, despadronizadas e não acessíveis. Assim, como estratégia para resolução dos problemas apresentados, foi constituído um grupo de trabalho que resultou em um projeto de extensão, envolvendo acadêmicos do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação, e os departamentos de tecnologia da informação e de comunicação da instituição.

Assim, o projeto foi organizado em três etapas: i) análise de fontes primárias, tais como as legislações e manuais; ii) adequação da página atual às exigências legais; iii) estudo e implementação de um novo portal institucional.

Inicialmente optou-se por readequar apenas o *template* da reitoria, levando-se em consideração os padrões de acessibilidade atuais, tendo como base o Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico, os Padrões *web* em Governo Eletrônico, visando atender a Lei de Acesso à Informação e o Decreto nº 5.296, de 2004, que torna obrigatória a implementação dos critérios de acessibilidade. Essa primeira etapa se deu em razão a uma solicitação legal realizada



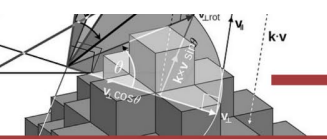
pela Controladoria Geral da União. Esta adequação contemplou apenas os critérios que figuravam como obrigatórios no eMAG.

Posteriormente, objetivando alcançar todos os campi, foram realizados estudos que apontaram a melhor estratégia como sendo a implementação de um novo portal institucional, criando uma estrutura interna. Esse novo portal foi desenvolvido considerando as características da instituição. Segundo Bosch, Jong e Elving (2005), a identidade visual é importante para o reconhecimento da marca e deve ser mantida sempre que possível. Visando este objetivo, foi criado pela Coordenação Geral de Comunicação do IFC (CECOM) um guia de desenvolvimento, ilustrando a identidade visual que a mesma gostaria de preservar e adaptando ao novo portal estabelecido pelo Governo Federal.

Além de aderir às legislações necessárias e de estar em consonância com o modelo Padrão de comunicação Digital do Poder Executivo Federal, foi desenvolvido a partir de uma arquitetura multi-campi, isto é, apenas uma instância do portal será criada, e cada campus será um nó nessa instância. Essa concepção permitiu, por exemplo, que toda mudança realizada se refletisse no portal de cada campus, garantindo padronização, ao mesmo tempo que permitiu certo grau de autonomia para as características regionais de cada campus.

Como o antigo sítio já era desenvolvido com o sistema de gerenciamento de conteúdo (*content management system*, CMS) WordPress, optou-se por dar continuidade com o mesmo. Para tanto, o processo técnico de desenvolvimento se deu seguindo as seguintes etapas: 1) implementar um ambiente de desenvolvimento; 2) seguir os padrões *web*; 3) seguir as diretrizes ou recomendações de acessibilidade; 4) realizar a avaliação de acessibilidade.

Para contemplar a etapa 1, foi optado por dar continuidade no uso do WordPress, para não causar espanto nos usuários que gerenciam o sítio, evitando trazer um ambiente diferente na área de administração. Para tal escolheu-se utilizar as ferramentas modernas Trellis e Bedrock, que suportam a maximização da velocidade, segurança, e desempenho dos sítios produzidos (HYVÄRINEN, 2018). Elas oferecem a abstração do processo de instalação e configuração dos serviços necessários para o funcionamento de aplicações WordPress (servidor *web*, banco de dados, interface de processamento PHP-FPM, cache de páginas, etc.), de modo a acelerar o desenvolvimento. Junto a isso, fez-se o uso da tecnologia de virtualização Vagrant para manter este ambiente isolado do sistema operacional, que diminui a ocorrência de problemas não reproduzíveis entre estações de trabalho, causados pela assincronia entre as configurações feitas por cada membro da equipe. Este padrão de desenvolvimento permitiu



também o gerenciamento completo de versionamento do projeto através do Git, pois não somente as linhas de código, como também as versões de dependências e procedimentos de configuração foram “rastreadas” do início ao fim.

Para atender a etapa 2, foram seguidas as recomendações e os exemplos elaborados pelo W3C, junto da ferramenta de validação de marcação W3C Markup Validator, disponibilizada pelo consórcio. Já na etapa 3, foram seguidas as exigências da CGU, bem como as recomendações da eMAG 3.0 e do WCAG 2.0 e demais legislações (Lei nº 12.527, Lei nº 13.146, Decreto nº 7.72). A avaliação que constitui a etapa 4 é discutida na próxima seção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

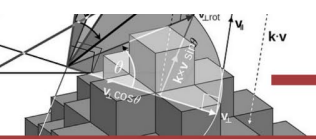
Realizou-se a validação automatizada dos requisitos de acessibilidade por meio manual e por duas ferramentas indicadas pela CGU: o Avaliador e Simulador de Acessibilidade em Sítios (ASES), que avalia o cumprimento das diretrizes do eMAG, e o *AccessMonitor*, que faz o mesmo para as regras do WCAG (UNIDADE DE ACESSO, 2012). Ambos programas são limitados à análise de páginas isoladas, portanto foram selecionados um número de exemplos que demonstra as principais características do sítio, com o intuito de sujeitar à examinação todos os tipos de conteúdo. Além das páginas de entrada, ou seja, as páginas iniciais do portal e dos sub-portais de cursos de departamentos, foram contemplados também artigos de notícia, com diferentes elementos (imagens, tabelas e links).

Verifica-se, na Tabela 1, que as notas atribuídas pelo *AccessMonitor* são menores do que as do ASES, devido à maior rigidez das regras do WCAG. Percebe-se também que em páginas com vários tipos de conteúdo, como a notícia com imagens e tabelas, as notas são menores. Isso ocorreu devido ao uso da ferramenta de edição visual de conteúdo TinyMCE, utilizada pelo WordPress. A marcação gerada satisfaz minimamente as *Authoring Tool Accessibility Guidelines* (ATAG), que tratam da acessibilidade no uso e no conteúdo resultante de ferramentas deste tipo (ACOSTA; LUJÁN-MORA; ACOSTA-VARGAS, 2017).

Quadro 1: Notas obtidas das ferramentas automatizadas.

Página	Nota do ASES (0 a 100%)	Nota do <i>AccessMonitor</i> (1 a 10)
Inicial	91,47%	6,6
Inicial de curso	92,32%	7,7
Inicial de departamento	92,33%	7,2
Notícia com texto e links	89,20%	7,2
Notícia com imagens, tabelas	85,99%	4,6
Página textual simples	90,92%	7,5
Média	90,37%	6,8

Fonte: Dados da pesquisa (2019).



A verificação automática é capaz de identificar facilmente os erros de marcação, como a ausência de atributos obrigatórios, ou o uso de elementos fora do seu contexto. No entanto, elas são mais efetivas quando combinadas com processos de verificação manual, pois muitos dos critérios de acessibilidade necessitam de julgamento humano (DURAN, 2019). Alguns exemplos são o emprego adequado da hierarquia de títulos, e a descrição clara de links. Por isso, também se verificou manualmente a conformidade com as diretrizes dessa natureza.

É importante ressaltar que a promoção da acessibilidade é um processo contínuo e conjunto, envolvendo desenvolvedores e conteudistas. A ENAP inclusive oferece a capacitação para os dois casos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

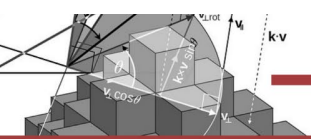
O presente trabalho apresentou, de forma sucinta, os esforços direcionados para a adequação do portal institucional do IFC, seguindo os instrumentos jurídicos vigentes, diretrizes específicas e as orientações técnicas pertinentes e vigentes.

Cabe destacar que todos os objetivos do projeto foram atingidos, visto que o portal foi adequado à legislação vigente, assim como a centralização do portal e sua reestruturação foram contempladas. Por fim, a identidade visual do projeto segue o modelo do portal padrão do governo federal, bem como o guia de desenvolvimento.

Outrossim, a adequação do portal institucional demonstra que ainda há outros desafios a serem abordados objetivando atender toda a comunidade, principalmente àquelas pessoas que possuem algum tipo de deficiência ou necessidade específica para utilizar os serviços *web*. Outros aspectos relevantes a serem considerados são os ganhos e a evolução consideráveis nesse momento atingidos. Considerando ainda, que os organismos governamentais tenderão a tornar obrigatória em todos os seus serviços *web* a implementação da acessibilidade, que grandes corporações evoluem e estabelecem padrões de desenvolvimento cada vez mais expressivos, a *web* tende a tornar-se cada vez mais acessível e universal a todos os seus usuários evidenciando uma tendência de democratização do acesso.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, T.; LUJÁN-MORA, S.; ACOSTA-VARGAS, P. Method for accessibility assessment of heading in online editors. *In: IACSIT, International Association of Computer Science and Information Technology. Proceedings of the 2017 9th International Conference*



on Education Technology and Computers. London: Association for Computing Machinery, 2017, p. 243–247. Disponível em: <<https://doi.org/10.17411/jacces.v7i1.119>>. Acessado em: Fev. 2019.

BOSCH, A. L. V. den; JONG, M. D. D.; ELVING, W. J. How corporate visual identity supports reputation. **Corporate Communications**, v. 10, n. 2, p. 108–116, 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/241579268_How_corporate_visual_identity_supports_reputation>. Acessado em: 27 fev. 2023.

BRASIL. **eMAG Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico.** Brasília: MP, SLTI, 2014. Versão 3.1. Disponível em: <<https://www.governodigital.gov.br/documentos-e-arquivos/eMAGv31.pdf>>. Acessado em: Mar. 2019.

BRASIL. Decreto nº 5.296, de 02 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis nºs 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 dez. 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm. Acessado em: Mar. 2019.

DURAN, M. **What we found when we tested tools on the world's least-accessible webpage – Accessibility in government.** 2019. Disponível em: <<https://accessibility.blog.gov.uk/2017/02/24/what-we-found-when-we-tested-tools-on-the-worlds-least-accessible-webpage/>>. Acessado em: Mar, 2019.

ESCOLA Nacional de Administração Pública (ENAP). **eMAG Modelo de Acessibilidade de Governo Eletrônico.** 2015.

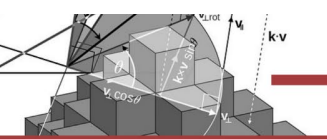
FERRAZ, R. **Acessibilidade na Web.** São Paulo: SENAC, 2017.

FREIRE, A. P.; BITTAR, T. J.; FORTES, R. P. An approach based on metrics for monitoring web accessibility in brazilian municipalities web sites. *In*: WAINWRIGHT, Roger; HADDAD, Hisham. **Proceedings of the 2008 ACM symposium on Applied computing.** New York: Association for Computing Machinery, 2008, p. 1339-1343. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/220999766_An_approach_based_on_metrics_for_monitoring_Web_accessibility_in_Brazilian_municipalities_Web_sites>. Acessado em: Mar. 2019.

FUNDAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA. **Nota técnica do validador accessmonitor.** 2012. Disponível em: <<http://www.acessibilidade.gov.pt/accessmonitor/notatecnica.html>>. Acessado em: Mar, 2019.

GHISLENI, T. S. **Portais institucionais na web: análise de anúncios publicitários no ecossistema midiático.** 2016. 298 p. Tese (Doutorado em Comunicação) – Departamento de Ciências da Comunicação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/12320/TES_PPGCOMUNICACAO_2016_GHISLENI_TAIS.pdf>. Acessado em: Jan, 2023.

HYVÄRINEN, E. **Modern wordpress development tools.** 2018. p. 54 Monografia (Bacharelado em Engenharia em Tecnologia da Informação e Comunicação) – Metropolia



University of Applied Sciences, 2018. Disponível em: <<https://www.theseus.fi/handle/10024/145428>>. Acessado em: Jan, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico 2010: características gerais da população, religião e pessoas com deficiência.** 2012. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cpd/arquivos/dados-ibge/view>>. Acessado em: Jan, 2023.

PETRIE, H. *et al.* Remote usability evaluations with disabled people. *In: CZERWINSKI, M.; LUND, A.; ZIMMERMAN, J. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems.* New York: Association for Computing Machinery, 2006. p. 1133–1141. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/proceedings/10.1145/1124772>>. Acessado em: Jan. 2019

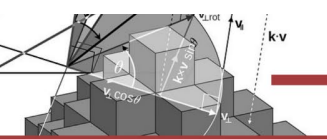
QUEIROZ, M. A. **Bengala Legal.** 2008. Disponível em: <<http://www.bengalalegal.com/>>. Acessado em: Mar, 2019.

TOMAÉL, M. I. **Fontes de informação na Internet.** Londrina: EDUEL, 2008.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM. **Web content accessibility guidelines overview.** 2007. Disponível em: <<https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag/>>. Acessado em: Mar, 2019.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM. **Web content accessibility guidelines 2.1.** 2018. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/WCAG21/>>. Acessado em: Mar, 2019.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM BRASIL. **Cartilha de Acessibilidade na Web.** 2013. Disponível em: <<http://www.w3c.br/pub/Materiais/PublicacoesW3C/cartilha-w3cbr-acessibilidade-web-fasciculo-I.html>>. Acessado em: Mar, 2019.



CAPÍTULO 13

PRÁTICAS PARA PUBLICAÇÃO DE DADOS CONECTADOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Jefferson de Oliveira Chaves
José Leomar Todesco

RESUMO

A manutenção de conjuntos de dados conectados é uma atividade onerosa que envolve a utilização de diversos recursos, obedecer a princípios e respeitar boas práticas. Assim, esta revisão sistemática tem como objetivo realizar uma análise sobre as práticas utilizadas para a manutenção de dados conectados. Num universo de noventa e um artigos, chegou-se a um recorte de quinze trabalhos, nos quais esta revisão está baseada. É possível observar que há grande aderência aos princípios e algumas dificuldades com as boas práticas, indicando uma relativa consolidação de práticas em alguns pontos, enquanto há outros que ainda demandam uma atenção especial na construção de dados conectados.

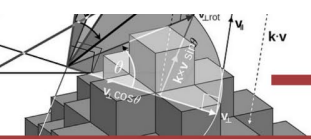
PALAVRAS-CHAVE: Dados Conectados. Web Semântica. Fluxo de Dados Conectados. Ciclo de Vida de Dados Conectados.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a web passa por um constante processo de evolução, revolucionando a maneira de se produzir, obter e compartilhar informações na internet. Desde sua criação, a web tem seus documentos organizados por meio de representações baseadas em hipertexto. Ainda que essa organização tenha facilitado o acesso por usuários humanos, essa representação sem qualquer semântica e pouco expressiva, dificultou a extração de informações destes documentos (CUNHA; LÓSCIO; SOUZA, 2009; BERNERS-LEE; BIZER; HEATH, 2006).

Dessa forma, a informação contida nesses documentos, embora possam ser compreendidos por humanos, tornam-se inadequados para o uso por meio de agentes de software. Neste cenário, tornou-se necessário a atribuição de significados para os elementos, dados e expressões, além de interligá-los com outros conjuntos de dados ou outros domínios de conhecimento, de forma a se criar uma relação de significância entre os conteúdos publicados na internet. Essa abordagem foi definida como web semântica (CUNHA; LÓSCIO; SOUZA, 2009; BERNERS-LEE *et al.*, 2001). De acordo com Berners-Lee (2001, p. 34) “[...] a web semântica é uma extensão da web atual, na qual a informação recebe um significado bem definido, permitindo que computadores e pessoas trabalhem em cooperação”.

Como um componente da evolução da web semântica, surgiu o conceito de Linked Data ou Dados Conectados, proposto por Tim Berners-Lee, que pode ser entendido como um conjunto de práticas para publicação, conexão e compartilhamento de conjuntos de dados



estruturados. Como resultados da aplicação desses padrões, tem-se a denominada web de dados (BIZER *et al.*, 2009 *apud* CUNHA; LÓSCIO; SOUZA, 2009).

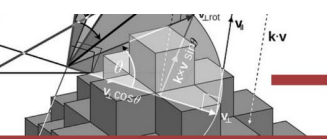
Entretanto, a publicação desses dados de forma conectada constitui-se como um novo desafio, uma vez que as ferramentas existentes são insuficientes para apoiar tal processo. Além disso, a própria execução da tarefa de publicação é complexa, uma vez que domínios e contextos distintos exigem infraestrutura, ferramentas e configurações específicas para cada caso. Assim, esforços substanciais são gastos em reproduzir conjuntos de dados ao longo do tempo (RAUTENBERG *et al.*, 2016).

Nesse sentido, a questão de pesquisa que norteia este trabalho é: quais são as práticas para publicação de Dados Conectados? Cabe destacar, que por práticas compreendem-se o conjunto de variáveis utilizadas para a publicação de Dados Conectados, tais como: aderência aos princípios e as boas práticas, tecnologias utilizadas e o ciclo de vida definido. O objetivo do trabalho, portanto, é o de identificar as práticas definidas em trabalhos acadêmicos encontrados na plataforma Scopus.

Para tal, este trabalho encontra-se dividido da seguinte forma: na seção 2 será apresentado de forma breve as discussões sobre publicação de Dados Conectados; na seção 3 será apresentado a metodologia que estruturou a pesquisa para esta revisão sistemática; na seção 4 será apresentada uma breve análise sobre os resultados da pesquisa no Scopus, bem como uma discussão sobre as pesquisas levantadas e, por fim, a seção 5 traz considerações finais acerca do tema.

2. DADOS CONECTADOS

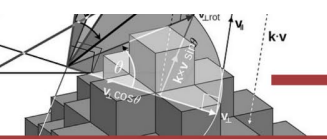
Dados Conectados referem-se a um conjunto de melhores práticas para publicação e conexão de dados estruturados na web, utilizando padrões internacionais, que permitem estabelecer conexões entre itens de diferentes fontes de dados para formar um único espaço de dados global (HEATH; BIZER, 2011). Este conjunto de melhores práticas são sumarizados em quatro princípios: i) Use URI's (*Uniform Resource Identifier*) para nomear as coisas; ii) Use URI's HTTP para que as pessoas possam procurar o desejado; iii) Quando alguém olha para um URI, forneça informações úteis, usando os padrões (RDF, SPARQL); iv) Incluir links para outros URI's, para que eles possam descobrir explorar mais as coisas. Cabe destacar que esses quatro princípios constituem a base norteadora para a definição das tecnologias, atividades e ferramentas do Ciclo de Vida para publicação de Dados Conectados.



2.1 Boas práticas para publicação de dados conectados

Conforme apontado, as práticas são compreendidas como um conjunto amplo de variáveis, dentre as quais destacam-se as boas práticas definidas pela World Wide Web Consortium (W3C). Assim, além dos princípios supracitados que devem ser seguidos para a publicação de Dados Conectados, A W3C, por meio de um grupo de trabalho criado para o estudo de Dados Conectados Governamentais, estabeleceu uma série de boas práticas para facilitar o desenvolvimento e fornecimento de Dados Conectados. Apesar destas práticas terem sido concebidas inicialmente para o ambiente governamental, é possível estendê-las a outros segmentos. Dentre as boas práticas enumeradas pela W3C (2014), o escopo deste trabalho restringiu-se a: 1) Selecionar um conjunto de dados: seleção de dados que serão publicados, de forma que possibilitem o uso para distintas finalidades; 2) Modelar os dados: construir a melhor representação dos dados e a forma como serão utilizados por distintas aplicações, independentemente da origem desses dados; 3) Especificar uma licença apropriada: definição da licença mais apropriada para as condições de uso, com o intuito de definir termos sobre a origem, propriedade e outras condições de uso dos dados; 4) Construir boas URIs para Dados Conectados: a implementação de URIs deve ser feita considerando o referenciamento dos dados baseados em URIs HTTP. Esse planejamento deve conter: nomes de objetos, o suporte para múltiplos idiomas, o suporte a mudança de dados ao longo do tempo e a estratégia de persistência; 5) Utilizar um vocabulário padrão: sempre que possível, devem ser usados vocabulários existentes para identificar os objetos. Tais vocabulários podem ser estendidos se necessário. Novos vocabulários podem ser criados, desde que necessários, seguindo as boas práticas; 6) Converter dados para representações de Dados Conectados: esta etapa objetiva transformar dados em uma representação de Dados Conectados. Essa etapa é tipicamente apoiada por scripts ou softwares que automatizam essa tarefa; 7) Prover acesso automatizado para os dados: devem ser implementados meios que permitam o acesso automatizado aos dados por motores de busca ou outros mecanismos de processamento e consumo de dados; 8) Anunciar para o público: essa etapa envolve a tarefa de tornar público o conjunto de dados ligados. Destaca-se que a publicação desse conjunto de dados, implicitamente, gera um efeito de contrato social com o público.

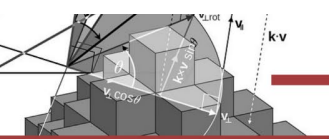
Assim é de interesse deste trabalho observar se estas boas práticas são aplicadas quando da abertura de dados.



2.2 Ciclo de vida de dados conectados

Existem distintas definições de ciclos de vida na literatura. Para esta revisão sistemática optou-se por utilizar a formulada por Auer (2014), por compreender que esta representa uma visão holística sobre o ciclo de vida dos processos de publicação de Dados Conectados.

Essas etapas são delineadas da seguinte forma (AUER, 2014, pp. 3-4): 1) Extração (Extraction): esta etapa consiste na obtenção de dados de fontes e formatos de arquivos diversos; 2) Armazenamento e Consulta (*Storage/Querying*): esta etapa tem o objetivo de fornecer meios para armazenamento, principalmente em formato RDF, empregando técnicas que visam otimizar o desempenho das consultas por meio do uso de cache, junções e outras técnicas de processamento otimizado; 3) Revisão manual e autoria (*Manual Revision/Authoring*): esta etapa deve validar a informação e enriquecer o valor semântico dos dados. Técnicas como a Wiki Semântica e o paradigma WYSIWYM (o que você vê é o que você quer dizer) podem ser utilizadas para ampliar as redes sociais de colaboração; 4) Interconexão (*Interlinking*): nesta etapa devem ser estabelecidas conexões com outras fontes de dados a fim de estabelecer um único espaço de dados global. O pressuposto básico por trás de dados conectados é de que o valor e a utilidade dos dados aumentam proporcionalmente ao número de ligações que eles estabelecem com outros dados; 5) Classificação e Enriquecimento (*Classification/Enrichment*): os dados extraídos na primeira etapa são costumeiramente dados brutos. Assim, para que eles sejam transformados em dados conectados (integração, fusão, pesquisa e outras aplicações), devem passar necessariamente por um processo de classificação e enriquecimento, por meio da vinculação e integração com ontologias de nível superior; 6) Análise de Qualidade (*Quality Analysis*): devem ser empregadas técnicas para avaliação da qualidade dos dados. Tais técnicas podem basear-se em variáveis tais como: proveniência, contexto, cobertura e estrutura dos dados; 7) Evolução e Reparar (*Evolution/Repair*): uma das características dos dados na web é a dinamicidade. Assim, uma das etapas fundamentais do ciclo de vida para publicação de Dados Conectados consiste na manutenção da estabilidade dos dados. Assim, é necessário que toda mudança, todo vocabulário e toda ontologia sejam transparentes e passíveis de observação; 8) Pesquisa/Navegação/Exploração (*Search/Browsing/Exploration*): considerando a “invisibilidade” dos dados da web para muitos usuários, o intuito desta etapa é o de desenvolver técnicas de pesquisa, navegação, exploração e visualização para distintos dados conectados, tornando assim, os dados da Web acessíveis aos usuários.



2.3 Ferramentas e tecnologias para publicação e consumo de dados conectados

A complexidade que envolve a publicação de Dados Conectados exige ferramentas de apoio que aplicadas às etapas do ciclo de vida supracitadas, garantam a execução da tarefa. Ainda, tecnologias que permitam a transformação, representação, visualização e disponibilização de Dados Conectados são necessárias para este processo. Nesse sentido, para a manutenção de dados, são utilizadas ferramentas como, geradores, armazenadores e publicadores de triplas RDF. Ainda, podem ser empregadas outras ferramentas como conversores de dados e ambientes de programação. Para o provimento de acesso aos dados por máquina, são utilizados servidores de triplas que oferecem acesso a *endpoints* em linguagem SPARQL (BANDEIRA, 2015).

Assim, é possível observar que inúmeras ferramentas e tecnologias são necessárias para as distintas etapas, com o intuito de viabilizar a publicação dos Dados Conectados. Identificar tais ferramentas e tecnologias aplicadas durante esse processo é fundamental, já que diferentes contextos e domínios exigem configurações específicas.

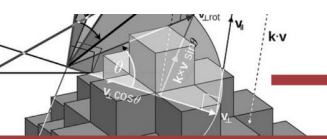
3. METODOLOGIA

Para a construção desta revisão sistemática, o ponto de partida consistiu em compreendê-la como uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema, da mesma forma que outras técnicas. Nesse sentido, uma revisão sistemática deve ter uma pergunta de pesquisa clara, a definição de uma estratégia de busca, critérios de inclusão e exclusão de referências e, sobretudo, uma análise criteriosa da literatura selecionada (MANCINI; SAMPAIO, 2007).

A busca sistemática foi feita na plataforma Scopus, tomando por base os textos publicados a partir do ano 2010 até o presente. Considerando-se a pergunta de pesquisa e o objetivo do presente trabalho, foram definidas as seguintes palavras-chave para a busca inicial: (1) *linked data*; *linked data workflow* e *linked data lifecycle*.

A escolha dos termos assinalados acima foi construída partindo da compreensão de que *Linked Data* seria equivalente ao termo Dados Conectados e que *lifecycle* e *workflow* atenderiam a ideia de uma série de procedimentos que ocorrem em uma determinada ordem e que são necessários para a publicação de Dados Conectados.

Com o intuito de selecionar as publicações com maior relevância para a revisão, foram estabelecidos os seguintes critérios para o refinamento da pesquisa, além das palavras-chave: (2) imitação por área; (3) exclusão de áreas; (4) limitação de outras palavras-chave definidas



pelo(s) autor(es), (5) exclusão por meio da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave e por fim, (6) seleção dos 15 artigos mais citados. Assim, os critérios 1, 2, 3 e 4, resultaram na *string* conforme a Tabela 1:

Tabela 1: *String* de busca.

TITLE-ABS-KEY("linked data" AND "workflow" OR "lifecycle") AND PUBYEAR > 2009 AND PUBYEAR > 2009 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP ") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "MATH ") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "SOCI ") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "ENGI ") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "DECI ") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "ARTS ") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "MEDI ") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "BIOC ") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "CHEM ") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "EART ") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "PHYS ") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "AGRI ") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "BUSI ") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "ENVI ") OR EXCLUDE (SUBJAREA , "MATE ")) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Linked Data ") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Life Cycle ") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "lifecycle ") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Work-flows ") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "Workflow "))

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

A Tabela 2 traz o número de textos retornados de acordo com o critério de exclusão aplicado:

Tabela 2: Filtragem da pesquisa.

Ordem	Critério	Resultado
1	Palavras-chave: <i>linked data; workflow e lifecycle</i>	255
2	Limitando as áreas: Computação e Matemática	220
3	Excluindo as áreas:	178
4	Limitando as palavras-chave: <i>linked data; life cycle; lifecycle; workflow; work flows</i>	91
5	Leitura do título, resumo e palavras-chave	25
6	Seleção dos mais citados	15

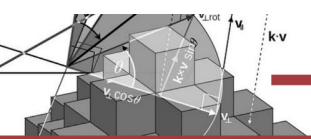
Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Consolidado o quarto critério, chegou-se ao total de 91 trabalhos relacionados pela plataforma. A partir deste ponto, iniciou-se a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave desses trabalhos, com o intuito de identificar aqueles que mais se aproximavam do tema pesquisado. A leitura do título, do resumo e das palavras-chave permitiu identificar textos fora de contexto, que inicialmente haviam sido selecionados. Removidos tais textos, a amostra consolidou-se em 15 trabalhos que versam sobre a temática e que serão analisados e discutidos nos tópicos seguintes.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Uma análise da proveniência da literatura selecionada demonstrou que no período delimitado os anos de 2014 e 2017 são os que mais tiveram publicações sobre a área com três publicações cada. Seguindo, os anos de 2011, 2013 e 2016 possuem duas publicações cada.

Os trabalhos concentram-se, essencialmente, em treze *Conference Papers* e dois artigos. Estes por sua vez, estão distribuídos nas seguintes publicações: a) *Lecture Notes In Computer*



Science Including Subseries Lecture Notes In Artificial Intelligence And Lecture Notes In Bioinformatics: três publicações; b) Ceur Workshop Proceedings: três publicações; c) ACM International Conference Proceeding Series: 2 publicações; d) Communications In Computer And Information Science: 1 publicação; e) Future Generation Computer Systems: 1 publicação; f) IEEE International Symposium On Parallel And Distributed Processing Workshops And Phd Forum: 1 publicação; g) Journal Of Web Semantics: 1 publicação; h) Proceedings International Computer Software And Applications Conference: 1 publicação; i) Works 11 Proceedings Of The 6th Workshop On Workflows In Support Of Large Scale Science Co Located With Sc 11: 1 publicação; j) Www 2014 Companion Proceedings Of The 23rd International Conference On World Wide Web: 1 publicação.

A distribuição por autores observa um empate entre Auer, Garijo, Gil, Marshall e Zhao, com duas publicações cada, seguidos por Aoyama, Baierery, Bechhofer, Bizer e Boyce, com uma publicação cada.

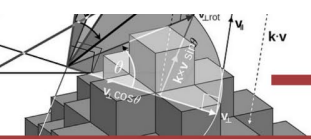
Por fim, um ponto a ser destacado é que as publicações se concentram em termos territoriais, no eixo estadunidense e europeu, em países com alto índice de desenvolvimento econômico, com destaque para Alemanha e Estados Unidos com cinco publicações cada, seguidos por Espanha e Reino Unido com três publicações cada, Áustria, Irlanda e Holanda, com 2 publicações e por fim, Bélgica, Brasil e Canadá com 1 publicação cada.

Assim, a partir das informações apresentadas, o próximo passo consistiu na apresentação das principais contribuições dos textos.

4.1 Principais contribuições de cada artigo

Tabela 3: Principais contribuições de cada artigo.

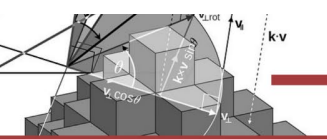
Trabalho	Contribuição
<i>A New Approach for Publishing Workflows: Abstractions, Standards, and Linked Data</i>	Apresentou uma nova abordagem para a publicação de <i>workflows</i> científicos utilizando dados conectados representados por ontologias. Deixou explícito o método utilizado, permitindo a reutilização do fluxo de publicação.
<i>Emerging practices for mapping and linking life sciences data using RDF - A case series</i>	Representou os resultados de experimentos de em um formato padronizado (RDF), o que possibilitou a montagem de consultas que testam hipóteses sobre drogas potencialmente úteis para o tratamento da Doença de Alzheimer, com dados integrados. Além disso, trouxeram um conjunto de boas práticas para criação e publicação de fontes de Dados Conectados.
<i>Semantically Enhanced Quality Assurance in the JURION business use case</i>	Apresentou-se a arquitetura e o ciclo de vida de uma aplicação que funde e interliga mais de um milhão de dados. Essa arquitetura, apresentada em detalhes, diminuiu a lacuna entre o desenvolvimento de <i>software</i> e o desenvolvimento de dados por meio da integração de controles de qualidade na no conjunto de ferramentas de <i>softwares</i> existentes.
<i>Identifying Web Tables – Supporting a Neglected Type of Content on the Web</i>	Apresentou um <i>framework</i> para extrair e analisar dados extraídos de forma automatizada de tabelas HTML. Além disso, foi apresentado algoritmos de aprendizado para análise da estrutura de uma tabela bem como a geração automática de ontologias e publicação do conjunto de dados extraídos.



<i>RESTful Open Workflows for Data Provenance and Reuse</i>	Apresentou uma arquitetura que integrou todas as fases de um ciclo de vida típico de trabalho, incluindo a especificação de serviços, sua composição para os trabalhos, bem como a execução dos trabalhos. Por meio do uso de uma ontologia, foram especificados todos os recursos do ciclo de vida.
<i>Creating and Utilizing Linked Open Statistical Data for the Development of Advanced Analytics Services</i>	Desenvolveu uma ferramenta para facilitar a publicação e a reutilização de cubos de dados vinculados: <i>OpenCubeToolkit</i> Essa ferramenta integra, de forma facilitada, componentes separados que lidam com diferentes etapas do ciclo de vida do cubo de Dados Conectados que permitem ao usuário um conjunto de funcionalidades para trabalhar com dados semânticos estatísticos.
<i>A Linked Data Approach to Sharing Workflows and Workflow Results</i>	Apresentou uma aplicação para gerenciamento de <i>workflows</i> de trabalho para preservação e criação de um equivalente digital da seção materiais e métodos descritos em artigos científicos na área de bioinformática.
<i>Abstract, link, publish, exploit: An end to end framework for workflow sharing</i>	Apresentou uma implementação de estrutura para publicação de fluxos de trabalho, com base em padrões, tais como: OWL, RDF e PROV. A abordagem apresentada ainda permite a publicação de outros sistemas de fluxo de trabalho.
<i>Design Management: a Collaborative Design Solution</i>	Apresentou uma aplicação para gestão de projetos. O armazenamento foi implementado em um repositório central, vinculado a outros repositórios, facilitando a colaboração no desenvolvimento dos conjuntos de dados. Além disso, descreveu o ciclo de vida de toda a geração do conjunto de dados.
<i>Designing the Cloud-based DOE Systems Biology Knowledgebase</i>	Apresentou uma aplicação em nuvem que permitiu o enriquecimento semântico por meio de anotações, além da publicação e compartilhamento dos dados. Ainda, trouxe a análise do fluxo de publicação de tais dados.
<i>A Linked Data Lifecycle for Smart Cities in Spain</i>	Descreveu como são aplicados os ciclos de vida de dados vinculados, da especificação à exploração, dentro dos domínios de Cidade Inteligente. Foram apresentadas algumas abordagens relacionadas às Cidades Inteligentes que seguem o conceito de Dados Conectados.
<i>PROMIS: A Management Platform for Software Supply Networks Based on the Linked Data and OSLC</i>	Contribuiu com a apresentação de uma arquitetura de <i>software</i> (PROMIS) que forneceu uma solução para a troca de dados de gerenciamento de projetos de diferentes domínios.
<i>LinkedPipes ETL in use: Practical publication and consumption of Linked Data</i>	Apresentou o LinkedPipes ETL, uma ferramenta para publicação de Dados Abertos Conectados, que se concentrou principalmente no suporte a <i>workflows</i> de publicação de Dados Abertos Conectados de maneira amigável. Além disso, a ferramenta também facilita o consumo de fontes de dados já existentes.
<i>A Life-cycle Workflow Architecture for Linked Data</i>	Apresentou uma proposta de arquitetura para o ciclo de vida de publicação de Dados Conectados. Apresentou uma visão geral, sistemática, que descreveu os principais componentes da arquitetura.
<i>LDWPO – A Lightweight Ontology for Linked Data Management</i>	Apresentou um modelo de conhecimento para fluxos de trabalhos suportados por uma ontologia. Essa ontologia contempla o processo metodológico que orienta o ciclo de vida dos conjuntos de dados RDF, o plano completo de produção do conjunto de dados, e a documentação das execuções do <i>workflow</i> . Como resultado, a abordagem permitiu a reprodutibilidade e repetibilidade de etapas de processamento de dados vinculados ao longo do tempo.

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Com base na tabela acima é possível observar que: a) 11 trabalhos trouxeram abordagens do Ciclo de Vida de publicação de Dados Conectados; b) 3 trabalhos apresentaram abordagens por meio do desenvolvimento de aplicações; c) 4 trabalhos apresentaram abordagens por meio da construção de uma arquitetura de publicação; d) 6 trabalhos apresentaram abordagens para domínios organizacionais e 5 trabalhos apresentaram abordagens para domínios da área da saúde.



4.2 Aderência aos Princípios e as Boas Práticas

Com base na discussão apresentada no item 2 desta revisão este ponto buscará analisar se os trabalhos aderiram aos princípios e as boas práticas apresentadas pela W3C.

4.2.1 Aderência aos Princípios e as Boas Práticas

Para fins de didáticos optou-se por definir três resultados possíveis para análise dos trabalhos: *i)* “sim”, quando o trabalho explicitamente descreve a aderência ao princípio; *ii)* “não descrito”, quando o trabalho não faz menção ao princípio, e *iii)* “não”, quando o trabalho explicitou a não aderência ao princípio.

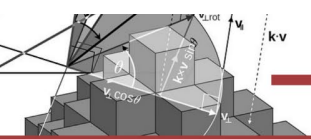
Dessa forma, por meio dos dados dispostos na Tabela 4, é possível observar a aderência de cada trabalho aos quatro princípios estabelecidos por Berners-Lee, apresentados na seção 2 desta revisão.

Tabela 4: Aderência aos princípios.

Trabalho	Princípio 1	Princípio 2	Princípio 3	Princípio 4
A New Approach for Publishing Workflows: Abstractions, Standards, and Linked Data	Sim	Sim	Sim	Sim
Emerging practices for mapping and linking life sciences data using RDF - A case series	Sim	Sim	Sim	Sim
Semantically Enhanced Quality Assurance in the JURION business use case	Sim	Sim	Sim	Sim
Identifying Web Tables – Supporting a Neglected Type of Content on the Web	Não descrito	Não descrito	Sim	Sim
RESTful Open Workflows for Data Provenance and Reuse	Não descrito	Não descrito	Sim	Não
Creating and Utilizing Linked Open Statistical Data for the Development of Advanced Analytics Services	Não descrito	Não descrito	Sim	Sim
A Linked Data Approach to Sharing Workflows and Workflow Results	Sim	Sim	Sim	Sim
Abstract, link, publish, exploit: An end to end framework for workflow sharing	Sim	Sim	Sim	Sim
Design Management: a Collaborative Design Solution	Não descrito	Não descrito	Sim	Sim
Designing the Cloud-based DOE Systems Biology Knowledgebase	Não descrito	Não descrito	Sim	Sim
A Linked Data Lifecycle for Smart Cities in Spain	Não descrito	Não descrito	Sim	Sim
PROMIS: A Management Platform for Software Supply Networks Based on the Linked Data and OSLC	Não descrito	Não descrito	Sim	Sim
LinkedPipes ETL in use: Practical publication and consumption of Linked Data	Sim	Sim	Sim	Sim
A Life-cycle Workflow Architecture for Linked Data	Sim	Sim	Sim	Sim
LDWPO – A Lightweight Ontology for Linked Data Management	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

A análise dos trabalhos apresentou o seguinte quadro: a) Dos quinze trabalhos, oito aderiram aos quatro princípios; b) Seis trabalhos não mencionaram a aderência aos princípios



1 e 2, contudo, aderiram aos princípios 3 e 4; c) Um trabalho não menciona a aderência ao princípio 1 e 2, adere ao princípio 3, e não adere ao princípio 4.

4.2.2 Aderência às boas práticas

Para a análise da aderência às boas práticas optou-se por definir quatro resultados possíveis para análise dos trabalhos: *i)* “sim”, quando o trabalho explicitamente apontava a aderência; *ii)* “não descrito”, quando o trabalho não faz menção; *iii)* “não”, quando o trabalho explicitou a não aderência ao princípio, e *iv)* “parcialmente”, quando foi evidenciado de que não foi atendido totalmente. Assim, de acordo com a Tabela 5, tem-se a seguinte distribuição:

Tabela 5: Aderência às boas práticas.

Boas práticas	Sim	Não descrito	Não	Parcialmente
Selecionar um conjunto de dados	15	-	-	-
Modelar os dados	15	-	-	-
Especificar uma licença apropriada	4	11	-	-
Construir boas URIs para Dados Conectados	8	-	7	-
Utilizar um vocabulário padrão	9	5	-	1
Converter dados para representações de Dados Conectados	15	-	-	-
Prover acesso automatizado para os dados	15	-	-	-
Anunciar para o público	12	-	3	-

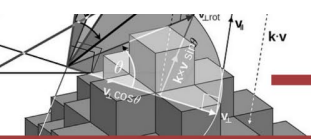
Fonte: Dados da pesquisa (2020).

4.2.3 Ciclo de Vida

De acordo com o item 4.1, 11 dos 15 trabalhos analisados explicitaram ou descreveram ciclos de vida para publicação de Dados Conectados. A Tabela 6 descreve os ciclos de vida apresentados por cada um dos trabalhos.

Tabela 6: Ciclos de vida apresentados.

Trabalho	Ciclo de Vida apresentado
<i>A New Approach for Publishing Workflows: Abstractions, Standards, and Linked Data</i>	i) Geração de fluxo de trabalho; ii) Conversão; iii) Publicação; iv) Compartilhamento; v) Reutilização;
<i>Emerging practices for mapping and linking life sciences data using RDF - A case series</i>	i) Selecionar as fontes de dados ou partes dos mesmos para ser publicados como RDF; ii) Identificar URLs persistentes; iii) Personalizar o mapeamento manualmente, se necessário; iv) Fazer a ligação conceitos no novo mapeamento RDF para conceitos em outras fontes de dados RDF; v) Colocar os dados RDF através de um <i>endpoint</i> ou como SPARQL; vi) Publicar aplicativos da <i>web semântica</i> usando os dados publicados.
<i>Semantically Enhanced Quality Assurance in the JURION business use case</i>	i) Extração; ii) Armazenamento; iii) Criação; iv) Interligação; v) Enriquecimento; vi) Análise da qualidade; vii) Reparação; viii) Publicação.
<i>Identifying Web Tables – Supporting a Neglected Type of Content on the Web</i>	i) Procurar páginas da Web relevantes para serem processados; ii) Extrair das informações para trabalhar com; iii) Determinar relevante da tabela; iv) Revelar a estrutura da informação encontrada; v) Identificar o intervalo de dados da tabela; vi) Mapear dos resultados extraídos para vocabulários e ontologias existentes.
<i>A Linked Data Approach to Sharing Workflows and Workflow Results</i>	i) Recuperar; ii) Rever; iii) Repetir; iv) Reusar; v) Reposicionar; vi) Conservar.



<i>Abstract, link, publish, exploit: An end to end framework for workflow sharing</i>	i) Especificação, onde as fontes de dados a serem usadas são identificadas e uma convenção de nomenclatura URI é projetada; ii) Modelagem, onde os usuários decidem quais vocabulários devem ser usado para representar os dados adequadamente de acordo com as requisitos e cenários; iii) Geração, ou seja, o processo de transformar os dados de seus formatos heterogêneos para um formato estruturado (RDF); iv) Publicação, em que o conjunto de dados resultante e seus <i>metadados</i> são disponibilizado por meio de um loja <i>triple store</i> ; v) Exploração, onde os benefícios do conjunto de dados são clarificados através de aplicações ou consultas que consomem.
<i>Designing the Cloud-based DOE Systems Biology Knowledgebase</i>	i) Descoberta; ii) Acesso; iii) Integração de dados orientados por semântica.
<i>A Linked Data Lifecycle for Smart Cities in Spain</i>	i) Especificação; ii) Modelagem; iii) Geração; v) Publicação; vi) Exploração.
<i>PROMIS: A Management Platform for Software Supply Networks Based on the Linked Data and OSLC</i>	i) Obter; ii) transformar; iii) publicar.
<i>A Life-cycle Workflow Architecture for Linked Data</i>	i) Extração de dados de origem; ii) Transformação em RDF; iii) alinhamento com vocabulários comumente usados; iv) vinculação a outros conjuntos de dados; v) publicação na web; vi) carregamento em uma <i>triplestore</i> ; vii) registro do conjunto de dados em um catálogo de dados como CKAN.
<i>LDWPO – A Lightweight Ontology for Linked Data Management</i>	i) Busca, Pesquisa; ii) Extração; iii) Armazenamento; iv) Revisão Manual; v) Interligação, combinação; vi) Enriquecimento; vii) Avaliação de qualidade; viii) Evolução/reparo;

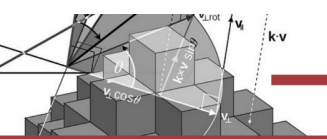
Fonte: Dados da pesquisa (2020).

A análise dos 11 trabalhos que apresentaram um ciclo de vida mostra que: a) 10 descrevem terem executado a etapa de Extração ou atividade análoga; b) 4 descrevem terem executado a etapa de Armazenamento e Consulta ou atividade análoga; c) 6 descrevem terem executado a etapa de Revisão manual e autoria ou atividade análoga; d) 7 descrevem terem executado a etapa de Interconexão ou atividade análoga; e) 2 descrevem terem executado a etapa de Classificação e Enriquecimento ou atividade análoga; f) 2 descrevem terem executado a etapa de Análise de Qualidade ou atividade análoga; g) 2 descrevem terem executado a etapa de Evolução e Reparo ou atividade análoga; h) 9 descrevem terem executado a etapa de Pesquisa/Navegação/Exploração ou atividade análoga.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão sistemática teve como principal objetivo a apresentação de práticas para a publicação de Dados Conectados. Para tal, realizou uma pesquisa na plataforma Scopus utilizando palavras-chaves previamente definidas e que possibilitaram um recorte de trabalhos publicados acerca do tema. Foi possível observar que há maior produção sobre o tema nos Estados Unidos e na Alemanha e Estados Unidos e que os picos – dentro do recorte realizado aqui – encontram-se nos anos de 2014 e 2017, com três publicações cada.

Em relação a aderência aos princípios a grande maioria dos trabalhos aderiu aos mesmos, o que indica uma prática que vem se consolidando dentro das pesquisas sobre Dados



Conectados. Por sua vez, a aderência às boas práticas é consenso em quatro, dos oito princípios aqui selecionados. Entretanto, constituem desafios a consolidação na comunidade das seguintes práticas: a especificação de uma licença apropriada, a construção de bons URIs para Dados Conectados e, por fim, a utilização de um vocabulário padrão.

Os dados aqui consolidados, ainda que parcialmente e que norteiam para pesquisas futuras, indicam que há um caminho que vem sendo consolidado, mas que ainda deve percorrer um trecho para consolidar e efetivar as práticas para publicação de Dados Conectados.

REFERÊNCIAS

AOYAMA, M. *et al.* **PROMIS: A management platform for software supply networks based on the linked data and OSLC**. Proceedings – International Computer Software and Applications Conference, 2013. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/iel7/6605717/6649781/06649823.pdf>>. Acessado em: Jul. 2020.

AUER, S. Introduction to LOD2. *In:* AUER, S.; BRYL, V.; TRAMP, S. **Linked Open Data - Creating Knowledge Out of Interlinked Data: Results of the LOD2 Project**. Berlim: Springer, 2014. Disponível em: <<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-09846-3>>. Acessado em: Jul. 2020.

BANDEIRA, J. *et al.* **Dados abertos conectados para a Educação**. Jornada de Atualização em Informática na Educação, v. 4, n. 1, p. 47–69, 2015. Disponível em: <<http://ojs.sector3.com.br/index.php/pie/article/view/3551/2937>>. Acessado em: Jul. 2020.

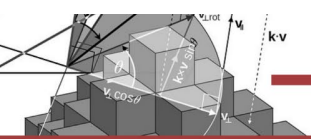
BERNERS-LEE, T. **Linked Data**. W3C, 2006. Disponível em: <<https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>>. Acessado em: Jul. 2020.

BERNERS-LEE, T.; HENDLER J.; LASSILIA O. The semantic web. **Scientific American**, 284. p. 34–44, Mai. 2001. Disponível em: <https://www-sop.inria.fr/acacia/cours/essi2006/Scientific%20American_%20Feature%20Article_%20The%20Semantic%20Web_%20May%202001.pdf>. Acessado em: Jun, 2020.

BERNERS-LEE, T.; BIZER, C.; HEATH, T. **Linked Data** – The story so far. International Journal on Semantic Web and Information System, Special Issue on Linked Data, 2006. Disponível em: <<http://tomheath.com/papers/bizer-heath-berners-lee-ijswis-linked-data.pdf>>. Acessado em: Jul. 2020.

CUNHA, D. R. B.; LÓSCIO, B. F.; SOUZA, D. **Linked Data: da Web de Documentos para a Web de dados**. SBC: Teresina, BR, 2011.

ECKERT, K. *et al.* **RESTful open workflows for data provenance and reuse**. Proceedings of the 23rd International Conference on World Wide Web, 2014. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2567948.2577347>>. Acessado em: Jul. 2020.



ELAASAR, M.; CONALLEN, J. **Design management:** A collaborative design solution. ECMFA 2013: Modelling Foundations and Applications, 2013, pp. 165–178. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-39013-5_12>. Acessado em: Jul. 2020.

GALKIN, M.; MOUROMTSEV, D.; AUER, S. **Identifying web tables:** Supporting a neglected type of content on the web. International Conference on Knowledge Engineering and the Semantic Web, 2015, pp. 48-62. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-24543-0_4>. Acessado em: Jul. 2020.

GARIJO, D.; GIL, Y. **A new approach for publishing workflows:** Abstractions, standards, and linked data. WORKS'11 - Proceedings of the 6th Workshop on Workflows in Support of Large-Scale Science, 2011. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2110497.2110504>>. Acessado em: Jul. 2020.

GARIJO, D.; GIL, Y.; CORCHO, O. Abstract, link, publish, exploit: An end to end framework for workflow sharing. **Future Generation Computer Systems**, v. 75, p. 271–283, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167739X17300274>>. Acessado em: Abr. 2020.

GONZÁLEZ, A.; VILLAZÓN-TERRAZAS, B.; GÓMEZ, J. M. **A linked data lifecycle for smart cities in Spain.** CEUR Workshop Proceedings, 2014. Disponível em: <<https://ceur-ws.org/Vol-1280/paper2.pdf>>. Acessado em: Abr. 2020.

HEATH, T; BIZER C. **Linked Data:** Evolving the Web into a Global Data Space. San Rafael, Califórnia, nos Estados Unidos: Morgan e Claypool, 2011.

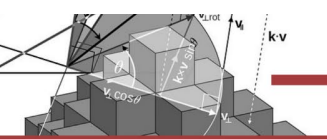
KALAMPOKIS, E. *et al.* **Creating and utilizing linked open statistical data for the development of advanced analytics services.** CEUR Workshop Proceedings, 2014. Disponível em: <<https://ceur-ws.org/Vol-1550/article-01.pdf>>. Acessado em: Jun. 2020.

KLÍMEK, J.; ŠKODA, P. **LinkedPipes ETL in use:** Practical publication and consumption of Linked Data. ACM International Conference Proceeding Series, 2017. Disponível em: <[3223095142_LinkedPipes_ETL_in_use_practical_publication_and_consumption_of_linked_data](https://doi.org/10.1145/3223095.3223142)>. Acessado em: Jun. 2020.

KONTOKOSTAS, D. *et al.* **Semantically enhanced quality assurance in the JURION business use case.** International Semantic Web Conference, 2016. Disponível em: <http://svn.aksw.org/papers/2016/ESWC_Jurion/public.pdf>. Acessado em: Jun. 2020.

KRAEMER *et al.* Maturidade de Gestão do Conhecimento: uma revisão sistemática da literatura para apoiar o desenvolvimento de novos modelos de avaliação. **Perspectivas em Gestão e Conhecimento**, João Pessoa, v. 7, Número Especial, p. 66-79, mar. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.ufpb.br/index.php/pgc/article/view/32946>>. Acessado em: Jun, 2020.

LANSING, C. *et al.* **Designing the cloud-based DOE systems biology knowledgebase.** Conference 25th IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing, IPDPS 2011, Anchorage, Alaska, USA, 16-20 May 2011 – Workshop Proceedings. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6008894>>. Acessado em: Jun. 2020.



LEE, Y. **A life-cycle workflow architecture for Linked Data.** Conference the 2017 International Conference, 2017. Disponível em: <<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3036290.3036302>>. Acessado em: Jun. 2020.

MANCINI, M. C.; SAMPAIO, R. F. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista brasileira de fisioterapia**, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbfis/v11n1/12.pdf>> Acessado em: Jul. 2020.

MARSHALL, M. S. *et al.* Emerging practices for mapping and linking life sciences data using RDF – A case series. **Journal of Web Semantics**, v. 14, p. 2–13, 2012. Disponível em: <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3198960>. Acessado em: Jul. 2020.

RAUTENBERG, S. *et al.* **LDWPO – A lightweight ontology for linked data management.** CEUR Workshop Proceedings, 2016. Disponível em: <<https://ceur-ws.org/Vol-1862/paper-05.pdf>>. Acessado em: Jul. 2020.

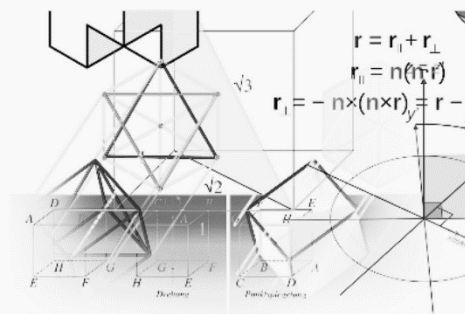
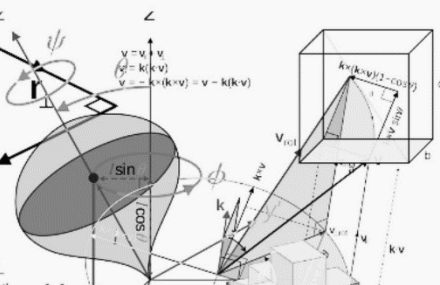
W3C. **Best Practices for Publishing Linked Data.** 2014. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/ld-bp/>>. Acessado em: Jul. 2020.

www.editorapublicar.com.br
contato@editorapublicar.com.br
@epublicar
facebook.com.br/epublicar

Práticas e pesquisas aplicadas em

Ciências exatas 2

Milson dos Santos Barbosa
Rafael Leal da Silva
Roger Goulart Mello
Organizadores



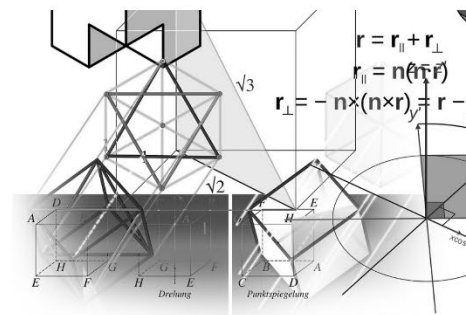
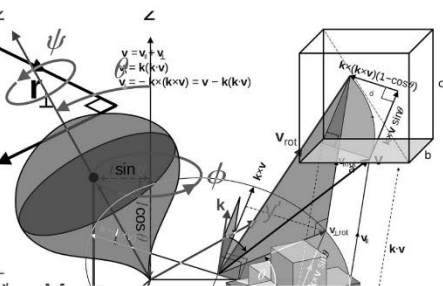
2023

www.editorapublicar.com.br
contato@editorapublicar.com.br
@epublicar
facebook.com.br/epublicar

Práticas e pesquisas aplicadas em

Ciências exatas 2

Milson dos Santos Barbosa
Rafael Leal da Silva
Roger Goulart Mello
Organizadores



2023