

Atena  
Editora

Ano 2021



*Carlos Augusto Zilli  
(Organizador)*

*A visão sistêmica e integrada  
das **engenharias**  
e sua **integração com a sociedade***

---

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes editoriais**

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federac do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

A visão sistêmica e integrada das engenharias e sua integração com a  
sociedade

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Carlos Augusto Zilli.

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

V822 A visão sistêmica e integrada das engenharias e sua  
integração com a sociedade / Organizador Carlos  
Augusto Zilli. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-404-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.044212508>

1. Engenharia. I. Zilli, Carlos Augusto (Organizador). II.  
Título.

CDD 620

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

COVID-19 (SARS-COV-2): ESTUDO PROSPECTIVO SOBRE TESTES DE DETECÇÃO DO CORONAVÍRUS EM HUMANOS

Paulo Cesar dos Santos Teixeira

Fábio dos Santos Teixeira

Carlos Alberto Machado da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125081>

### **CAPÍTULO 2..... 11**

DIFERENTES SUBSTRATOS E ADUBAÇÕES NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus urophylla* S.T. BLAKE

Carolina Rafaela Barroco Soares

Alaide de Oliveira Carvalho

Deborah Regina Alexandre

Jairo Rafael Machado Dias

Laysa Teles Vollbrecht

Micheli Leite Zanchetta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125082>

### **CAPÍTULO 3..... 18**

ESTUDO DA PRESSÃO EFETIVA EM COBERTURAS COM PLATIBANDA CONFORME A NBR 6123 – FORÇAS DEVIDAS AO VENTO EM EDIFICAÇÕES

Gean Henrique Sabino Freitas

Luiz Henrique Moreira de Carvalho

Nélison Ferreira Corrêa

Wilson Espindola Passos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125083>

### **CAPÍTULO 4..... 31**

METODOLOGIA PARA ENSINO DA CONCORRÊNCIA ENTRE PROCESSOS COM EMPREGO DE SEMÁFOROS EM SISTEMAS OPERACIONAIS PREEMPTIVOS

Marco Aurélio de Souza Birchal

Viviane Santos Birchal

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125084>

### **CAPÍTULO 5..... 41**

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO: INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO PARTICIPATIVO, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL

Luiz Roberto Santos Moraes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125085>

### **CAPÍTULO 6..... 58**

APLICAÇÃO COMPUTACIONAL PARA O PLANEJAMENTO DE FLUXO DE POTÊNCIA

## REATIVA

Polianna Schneider Durigon  
Carlos Roberto Mendonça da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125086>

## **CAPÍTULO 7..... 69**

### **ANÁLISE DA ACELERAÇÃO LATERAL DE UM VEÍCULO EM UM SIMULADOR COM 9 GDL**

Elyton Elias Prado Naves  
Jánes Landre Júnior  
José Tomich Bosco Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125087>

## **CAPÍTULO 8..... 79**

### **ADEQUAÇÃO DE TRELIÇA EM AÇO FRENTE A UMA NOVA FINALIDADE**

Gustavo de Oliveira Dumas  
José Geraldo de Araújo Silva  
Lucas Teixeira Araújo  
Antônio Maria Claret de Gouveia  
Hisashi Inoue  
André Luiz Candian

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125088>

## **CAPÍTULO 9..... 86**

### **PURIFICAÇÃO DE BIOGÁS EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS NA REGIÃO DO MACIÇO DE BATURITÉ, CEARÁ, BRASIL**

Juan Carlos Alvarado Alcócer  
Olienaide Ribeiro de Oliveira Pinto  
Ciro de Miranda Pinto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125089>

## **CAPÍTULO 10..... 100**

### **ANÁLISE DE VIGAS COMPÓSITAS LAMINADAS DE TIMOSHENKO ATRAVÉS DO MÉTODO DE GREEN**

Leonardo Fellipe Prado Leite  
Fabio Carlos da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250810>

## **CAPÍTULO 11 ..... 114**

### **ESTRATÉGIAS INOVADORAS PARA PESQUISAS DE EVAPORAÇÃO DE ÁGUA EM RESERVATÓRIOS SUPERFICIAIS NO NORDESTE BRASILEIRO**

Bárbara Hillary de Almeida Pinto  
Cecília Roberta Barbosa da Silva  
Maria Eduarda Medeiros Monteiro  
Heloysa Helena Nunes de Oliveira  
Efrain Pantaleón Matamoros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250811>

**CAPÍTULO 12..... 124**

**AMBIÊNCIA E ENTORNO: INTERAÇÕES SOCIOESPACIAIS ENTRE IDOSOS MORADORES DE UM CONDOMÍNIO E A VIZINHANÇA**

Luzia Cristina Antoniossi Monteiro

Vania Aparecida Gurian Varoto

Lucas Bueno de Campos

Ingrid Bernardinelli

Gabriely Grezele

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250812>

**CAPÍTULO 13..... 136**

**METODOLOGIA DE COMPOSIÇÃO DE CUSTO PARA ENCARGOS COMPLEMENTARES: EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL**

Guilherme Martins Pereira

Regina Maria Germânio

Tiago Silveira Gontijo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250813>

**CAPÍTULO 14..... 155**

**AVALIAÇÃO DE RISCOS E CONTROLE DE SEGURANÇA EM PEDREIRA**

Michael José Batista dos Santos

Suzi Cardoso de Carvalho

Irineu Antônio Schadach de Brum

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250814>

**CAPÍTULO 15..... 174**

**POTENCIAL INOVADOR DAS PESQUISAS DE SISMOLOGIA: ESTUDO DA APLICAÇÃO DA INTERFEROMETRIA SÍSMICA PARA IMAGEAMENTO 4D**

Julia Alanne Silvino dos Santos

Marcelo dos Santos Vieira

Lenise Souza Cardoso de Andrade

Heloysa Helena Nunes de Oliveira

Zulmara Virgínia de Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250815>

**CAPÍTULO 16..... 184**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DO FOSFATO DE CÁLCIO MONETITA PELA ROTA ÚMIDA DE NEUTRALIZAÇÃO RATHJE – HAYEK E NEWSELY**

Nataly Cristiane de Campos Amador Garcias

Carlos Pérez Bergmann

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250816>

**CAPÍTULO 17..... 196**

**ESTUDOS DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO MONOFÁSICAS**

Emiliane Advincula Malheiros

Roberto Paulo Barbosa Ramos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250817>

**CAPÍTULO 18.....203**

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE CALCINAÇÃO NA FASE DA HIDROXIAPATITA  
OBTIDA PELO MÉTODO SOL-GEL**

Marilza Aguiar

José Brant de Campos

Bruno Cavalcante Di Lello

Nataly Cristiane de Campos Amador Garcias

Vitor Ramos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250818>

**CAPÍTULO 19.....209**

**REDISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO AR EM MINA SUBTERRÂNEA PARA AUMENTO DE  
HORAS DISPONÍVEIS EM OPERAÇÃO DE LAVRA**

Alisson Brasil

Renan Collantes Candia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250819>

**CAPÍTULO 20.....225**

**ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS LIMITES DA CAVA FINAL ÓTIMA COM BASE NA  
VARIAÇÃO DO PREÇO DE MERCADO DA ROCHA FOSFÁTICA**

João Antônio da Silva Neto

Marcélio Prado Fontes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250820>

**CAPÍTULO 21.....238**

**USO DA TECNOLOGIA DE MANUFATURA ADITIVA NA INDÚSTRIA AEROESPACIAL:  
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

Allisson Régis dos Santos Maia

Maria Elizete Kunkel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250821>

**CAPÍTULO 22.....253**

**A IMPORTÂNCIA DOS INDICADORES NA MANUTENÇÃO**

Alexandre Fernandes Santos

Heraldo José Lopes de Souza

Marcia Cristina de Oliveira

Sariah Torno

Darlo Torno

Sandro Adriano Zandoná

Tiago Rodrigues Carvalho

Natalia Tinti Ramos

Eliandro Barbosa de Aguiar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250822>

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>260</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>261</b>

## METODOLOGIA PARA ENSINO DA CONCORRÊNCIA ENTRE PROCESSOS COM EMPREGO DE SEMÁFOROS EM SISTEMAS OPERACIONAIS PREEMPTIVOS

Data de aceite: 02/08/2021

Data de submissão: 21/06/2021

**Marco Aurélio de Souza Birchal**

UFMG - Universidade federal de Minas Gerais  
– Depto. de Engenharia Eletrônica  
Belo Horizonte – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/6340987109733541>

**Viviane Santos Birchal**

UFMG - Universidade federal de Minas Gerais  
– Depto. de Engenharia Química  
Belo Horizonte – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/0342014878408861>

**RESUMO:** Este artigo apresenta um método de exploração do ensino da concorrência entre processos que sumariza os principais inter-relacionamentos entre processos, notadamente em sistemas preemptivos na presença de regiões críticas. O método aqui exposto propõe a confecção de uma tabela de estado dos processos envolvidos, criando um passo a passo entre as ocorrências, o que dá ao estudante uma visão sistemática e metódica de um procedimento complexo, muitas vezes obscuro a um primeiro contato. Um simulador de escalonamento que aplica o método proposto foi desenvolvido e é apresentado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Semáforos. Escalonamento. Preempção. Regiões Críticas.

### METHODOLOGY FOR LEARNING PROCESS CONCURRENCY APPLYING SEMAPHORE IN PREEMPTIVE OPERATING SYSTEMS

**ABSTRACT:** This article presents a method of exploring the teaching of processes concurrency that summarizes the main interrelationships among processes, in preemptive systems with critical regions. The method exposed here proposes the creation of a state table of the processes involved, creating a step-by-step state between occurrences, which gives the student a systematic and methodical view of a complex procedure, often obscure to a first contact. A scheduling simulator that applies the proposed method was developed and is presented.

**KEYWORDS:** Semaphores. Scheduling. Preemption. Critical Region.

## 1 | INTRODUÇÃO

A formulação aqui proposta tem como objetivo fornecer uma técnica de ensino que aplique, a um só tempo, os conhecimentos de concorrência e preempção, semáforos e algoritmos de escalonamento, de forma a que se possam consolidá-los, criando uma visão coesa de vários temas, que embora relacionados, poderiam parecer disjuntos.

Os semáforos pertencem ao conjunto dos mecanismos de IPC (Inter Process Communication) clássicos, normalmente estudados na disciplina Sistemas Operacionais dos cursos de Ciência da Computação ou

em disciplinas equivalentes em algumas engenharias, como é o caso da Engenharia de Controle e Automação.

Originalmente descritos por Dijkstra (DIJKSTRA, 1965), os semáforos são variáveis inteiras, sempre maiores ou iguais a zero e controladas pelas funções WAIT (ou DOWN ou ainda, como primeiramente proposto, pela letra P, de *proeberen*, incremento em holandês) e SIGNAL (ou UP ou V, de *verhogen*, em holandês). Estas funções devem ser implementadas no *kernel* do sistema operacional ou no núcleo do compilador de uma linguagem e são tratadas como chamadas ao sistema. Isso permite que elas possam ser executadas de forma atômica, isto é, uma vez iniciadas, não poderão ser interrompidas antes de sua conclusão, por nenhum tipo de interrupção ou por *time out*.

Os semáforos são essencialmente um mecanismo de sincronização entre processos concorrentes e podem ser utilizados para controlar a entrada e a saída de processos de regiões críticas de código, de forma a se evitarem condições de erro por acesso simultâneo ou inconsistente a recursos compartilhados, conhecidas como condições de corrida (TANENBAUM e BOS, 2016).

## 2 I CONSIDERAÇÕES SOBRE O APRENDIZADO

A dificuldade no entendimento dos semáforos vem da idéia não natural de que os valores dos mesmos não são alterados pelo programa que os utiliza e sim, por funções externas a ele (*Wait* e *Signal*) que devem ser avaliadas em separado.

Dificuldade ainda maior aparece no momento em que estas funções não atuam somente nos valores dos semáforos, mas também no próprio estado do processo chamador. A análise global do funcionamento de semáforos leva, então, ao estudo do ciclo de escalonamento de processos, controlado pelo gerenciador de processos ou escalonador.

### 2.1 Ciclo dos processos

Um sistema operacional multitarefa implementa a concorrência através de um sistema de tempo compartilhado (*time-sharing*) em que os processos se alternam no uso do processador. Embora haja vários esquemas de escalonamentos *time-sharing*, o *Round-Robin* sem prioridade é o mais simples (STALLINGS, 2017).

Este esquema define um mínimo de três estados possíveis a um processo, instanciado em memória. O estado Ativo é aquele em que se encontra o processo atualmente em execução. Tendo-se um computador mono processado (com somente um processador), tem-se, pois, somente um processo em estado Ativo por vez. O processo permanecerá neste estado por um tempo máximo, denominado quantum (e tipicamente da ordem de 100 ms) que é controlado pelo escalonador de processos ou até que ocorra uma interrupção por evento.

O estado Pronto é aquele em que o processo tem todos os requisitos necessários

à sua execução, mas se encontra em uma fila, aguardando por sua vez de se tornar ativo. Podem haver vários processos em estado Pronto, que serão enfileirados por alguma política de escalonamento, definida pelo escalonador. A mais simples seria uma fila sem prioridades em que o processo que chegou primeiro será primeiramente escalonado.

Existe um terceiro estado, o estado de Espera. Ocorre toda vez que o processo não tem condição para ser executado, por lhe faltar algum tipo de recurso. O processo é levado ao estado de espera sempre que necessita de algum recurso (de software ou de hardware) que no momento não está disponível, provavelmente por estar sendo utilizado por um outro processo concorrente. Tais recursos podem ser físicos (como modem, placa de rede, discos, etc) ou lógicos, como uma variável compartilhada controlada por semáforos.

O ciclo de estados dos processos pode ser representado por um diagrama de estados (SILBERCHATZ, GAGNE e GALVIN, 2015), como o da Figura 1.

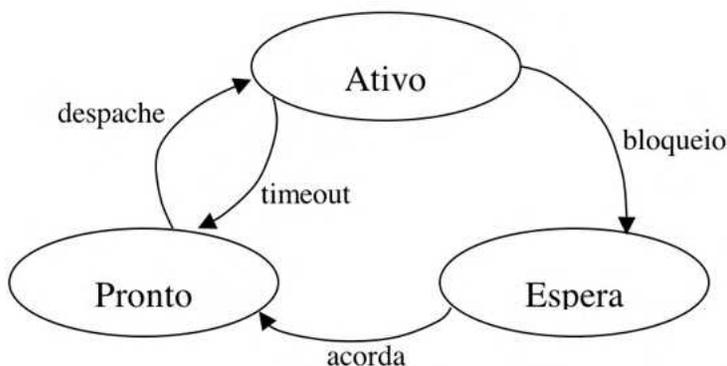


Figura 1 - Ciclo de três estados (SILBERCHATZ, GAGNE e GALVIN, 2015).

## 2.2 Código dos processos

Para que se possa estudar o comportamento de processos concorrentes pode-se supor um código comum a várias instâncias de processos, de forma a que todos compartilhem a mesma região crítica, controlada pelo mesmo conjunto de semáforos. Esta situação é ilustrada pela Figura 2.a. Pode-se ainda supor que haja uma outra espécie de processos concorrentes que, embora possuam regiões críticas, estas não são compartilhadas com quaisquer outros processos, como ilustrado na Figura 2.b. Poder-se-ia ainda pensar num terceiro tipo de processos que não possuam regiões críticas, sendo assim, estes processos poderiam rodar sempre que estivesse na vez deles serem submetidos ao processador. Este é o tipo listado na Figura 2.c.

É importante observar que tanto os processos do tipo b quanto c, embora concorrentes, não compartilhariam qualquer tipo de recurso com os demais processos. Os primeiros, de forma menos evidente, já que possuem semáforos em seus códigos mas,

ainda assim, que não são utilizados por nenhum outro processo instanciado. Os últimos, de forma explícita, pois não possuem qualquer mecanismo de IPC em seus códigos.

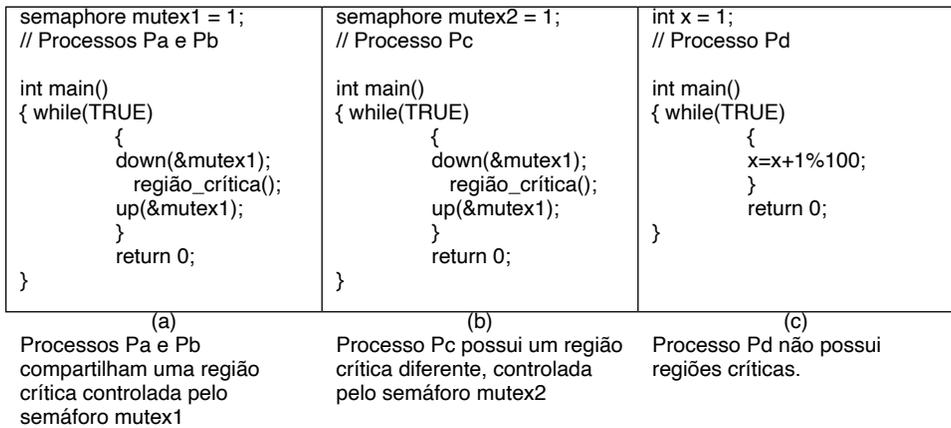


Figura 2 - possibilidades na codificação dos processos concorrentes.

### 3.1 CONSTRUÇÃO DO PROBLEMA

O problema pode ser apresentado de várias formas diferentes e consiste na solução da tabela de estados para os processos apresentados. Há que se fornecer o estado inicial de cada um dos processos e seus respectivos códigos (segundo exemplos da listagem 1). Fornecem-se ainda os valores iniciais dos semáforos e a sua ordem de entrada na fila de Prontos dos processos, bem como qual será o processo inicialmente Ativo, conforme ilustrado no exemplo da Figura 3.

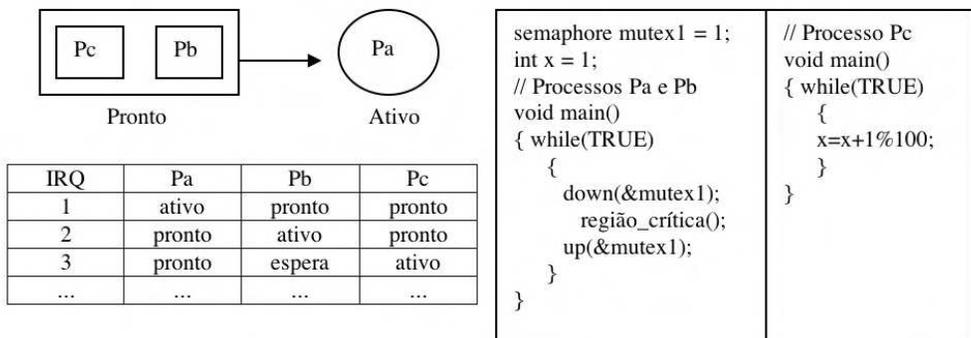


Figura 3 - Exemplo com três processos concorrentes.

Há também que se fornecer a relação de tempo entre a duração de uma região

crítica e o tamanho de um quantum, em termos de quantos quantums será necessário para que um processo execute um região crítica por completo.

### 3.1 Solução do problema

Para que se solucione o problema, devem-se observar as relações de dependência entre os processos, isto é, quais deles compartilham das mesmas regiões críticas (aquelas que são controladas pelos mesmos semáforos) e quais não.

Tendo-se esta compreensão e a ordem de entrada dos processos no processador, pode-se estimar qual será o primeiro processo a baixar o semáforo e levá-lo a zero. Neste ponto, é interessante rever os algoritmos das funções UP e DOWN, para que se possa optar pela mudança correta de estados entre os processos (BEN-ARI, 1990). A Figura 4 ilustra tais algoritmos.

<pre>DOWN (S):   if S &gt; 0 then S = S - 1   else     "coloque o processo chamador em     espera na fila do semáforo S"</pre>	<pre>UP (S):   if "Existe algum processo na fila do   semáforo S" then "Coloque o primeiro   deles no estado Pronto"   else     S = S + 1</pre>
(a)	(b)

Figura 4 - Algoritmos das funções Up e DOWN (adaptado) (BEN-ARI, 1990).

Para o exemplo da Figura 3 e com cada região crítica durando três quantums, obtém-se uma tabela como a tabela 1. Nesta tabela, foram acrescentadas duas novas colunas. A quinta coluna ilustra passo a passo, a fila de processos prontos e o que ocorreu em cada interrupção, além de qual processo foi eventualmente à Espera. Desta forma, qualquer dúvida sobre qual deveria ser o próximo processo a estar ativo desaparece. A sexta coluna apresenta qual foi o tipo de interrupção que ocorreu. A interrupção por timeout significa que o processo rodou por todo um quantum e só saiu por preempção. A interrupção por evento significa que o processo executou um DOWN em um semáforo que estava em zero e, por isto, foi levado à Espera. Este tipo de interrupção significa que o processo não executou todo o quantum que ele possuía, pois foi impedido de entrar em sua região crítica por um outro processo.

A principal dificuldade no processo de montagem da tabela é o entendimento de que é o processo ativo que executa um UP, retira o processo que estava em espera do bloqueio e o leva ao estado de pronto. Quando isto ocorre, este processo que estava em espera passa a pronto e só então, o quantum do processo ativo termina, levando-o também a pronto. Isto é relevante, pois a ordem em que os processos entram na fila de pronto é que define qual deles irá primeiro à condição de ativo. Esta dinâmica está ilustrada na tabela 1.

IRQ	Pa	Pb	Pc	Estado	Tipo de IRQ
1	ativo	pronto	pronto	$Pc - Pb - (Pa) 1^\circ Qa$ (1º quantum de Pa)	timeout
2	pronto	ativo	pronto	$Pa - Pc - (Pb) \searrow Pb$ vai á Espera	evento
3	pronto	espera	ativo	$Pa - (Pc) 1^\circ Qc$	timeout
4	ativo	espera	pronto	$Pc - (Pa) 2^\circ Qa$	timeout
5	pronto	espera	ativo	$Pa - (Pc) 2^\circ Qc$	timeout
6	ativo	espera	pronto	$Pc - (Pa) 3^\circ Qa$	timeout
7	pronto	pronto	ativo	$Pa - Pb - (Pc) 4^\circ Qc$	timeout
8	pronto	ativo	pronto	$Pc - Pa - (Pb) 1^\circ Qb$	timeout
9	ativo	pronto	pronto	$Pb - Pc - (Pa) \searrow Pa$ vai á Espera	evento
10	espera	pronto	ativo	$Pb - (Pc) 5^\circ Qc$	timeout
11	espera	ativo	pronto	$Pc - (Pb) 2^\circ Qb$	timeout
12	espera	pronto	ativo	$Pb - (Pc) 6^\circ Qc$	timeout
13	espera	ativo	pronto	$Pc - (Pb) 3^\circ Qb$	timeout
14	pronto	pronto	ativo	$Pb - Pa - (Pc) 7^\circ Qc$	timeout
15	ativo	pronto	pronto	$Pc - Pb - (Pa) 4^\circ Qa$	timeout
16	pronto	ativo	pronto	$Pa - Pc - (Pb) \searrow Pb$ vai á Espera	evento
17	pronto	espera	ativo	$Pa - (Pc) 8^\circ Qc$	timeout
...	...	...	...	Loop Estabelecido !	...

Tabela 1 - Tabela solução para o exemplo da figura 3.

Como o processo que estava em espera entrou primeiro na fila, será ele que ficará ativo primeiramente. Logo, como ele já havia executado sua função DOWN (que o levou ao estado espera), desta vez ele irá executar sua região crítica e, quando o processo que o havia tirado de espera for executar novamente (assim que o quantum do processo anterior tiver acabado) ele irá executar um novo DOWN que o colocará em espera.

#### 4 | O SIMULADOR

A importância deste simulador está no fato de se demonstrar de forma lógica e inequívoca, a solução de uma gama de variações da proposição do problema, dando consistência e validando esta técnica de ensino de concorrência. Igualmente importante é fornecer para o aluno um mecanismo interativo de aprendizagem, capaz de validar a compreensão e formalizar o raciocínio de maneira sólida (ZALUSKI e DANTAS, 2017).

As condições iniciais do problema, tais como a quantidade de processos concorrentes e quais deles possuem regiões críticas semelhantes, isto é, quais deles compartilham dos mesmos semáforos, são utilizadas para se gerar uma infinidade de problemas diferentes, em que o aluno deverá lançar mão dos conhecimentos de preempção, sincronização de semáforos, controle das filas de Pronto e Espera e dos algoritmos das funções UP e DOWN para chegar à correta montagem da tabela.

Uma vez que o problema pode ser solucionado com a aplicação de algoritmos, partiu-se para o desenvolvimento de um programa simulador que pudesse, dadas várias condições iniciais diferentes, produzir uma tabela de saída tal qual a Tabela 1.

Este simulador permite que se configurem a quantidade de processos e seus inter-

relacionamentos, podendo-se definir processos concorrentes que possuam ou não regiões críticas.

Podem-se simular até quatro processos concorrentes, escolhendo-se para cada um deles, um entre quatro semáforos, representados pelas respectivas regiões críticas.

Quando se deseja criar uma relação de dependência entre dois ou mais processos, deve-se configurar uma mesma região crítica para os processos em questão. Desta forma, o simulador permite associarem-se vários processos a uma mesma região crítica, de forma flexível, o que produz uma série de variações possíveis.

O número de quantums por região crítica é ajustável, de forma que se possam simular diferentes relações entre tempos de espera e de estado ativo, fazendo com que a quantidade de variações possíveis seja estendida.

Pode-se ainda desativar qualquer um dos processos ou associar qualquer um deles um semáforo não compartilhado, o que reproduz a situação semelhante aquela de um processo sem região crítica.

A Figura 5 mostra a simulação do exemplo anteriormente proposto, em que os processos Pa e Pb compartilham uma mesma região crítica e o processo Pc não depende de nenhum outro.

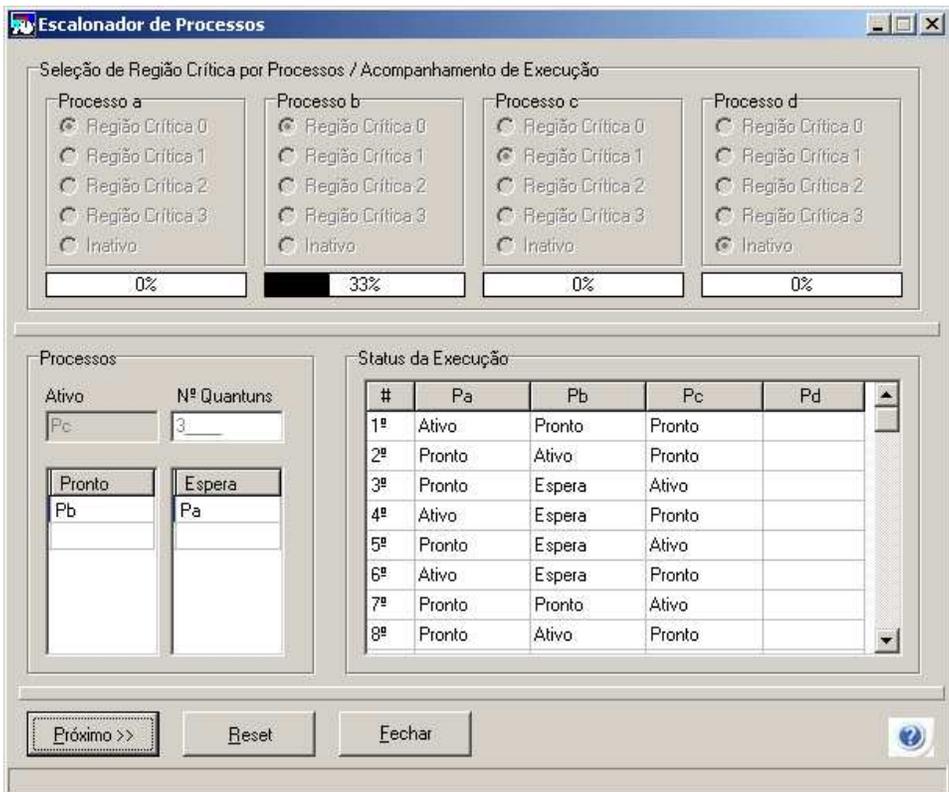


Figura 5. Simulação do caso exemplo.

O simulador executa as interrupções passo a passo, de forma a que se possa acompanhar o estado das filas de pronto e espera, que indicam qual será o próximo processo a ser executado e quais estão bloqueados, respectivamente. A Figura 6 ilustra o fluxograma deste escalonador.

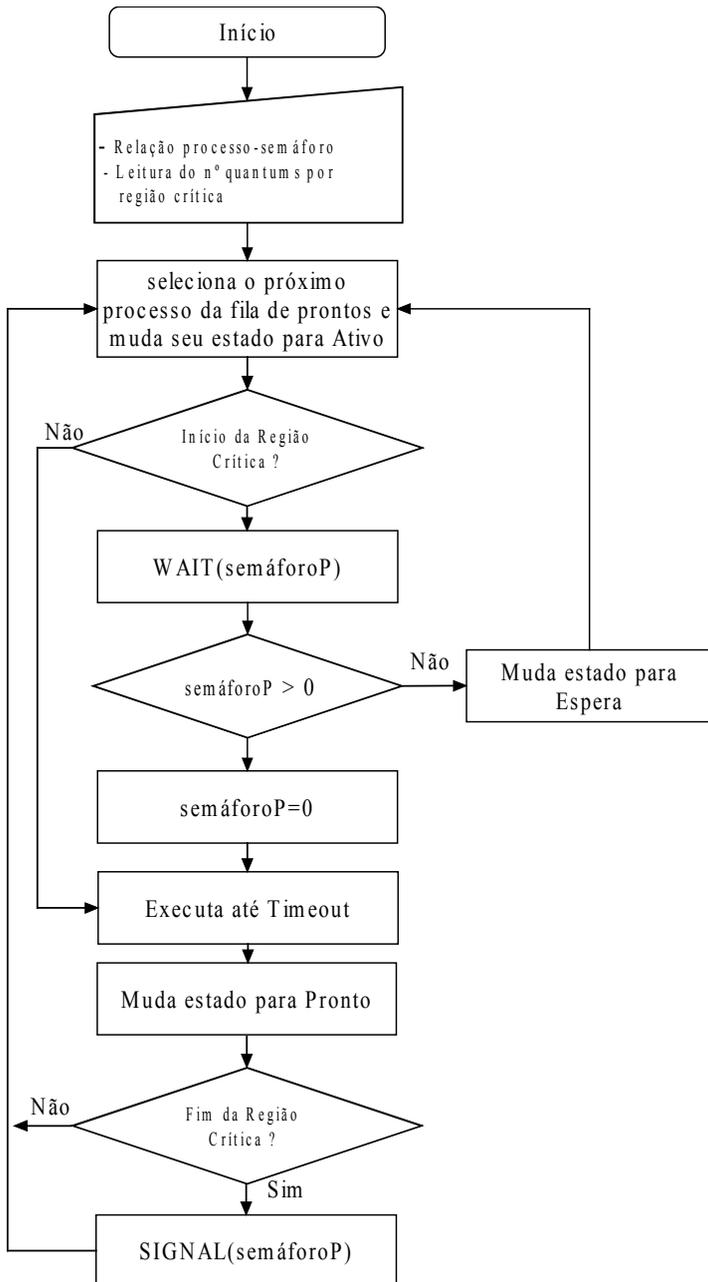


Figura 6 - Fluxograma do Escalonador simulado.

Para esta situação, o processo Pd do simulador foi desativado. O simulador executa uma sequência de passos, avaliando o estado inicial dos processos na ordem Pa, Pb, Pc e Pd. O primeiro dos processos válidos será passado de pronto a ativo. Para cada um dos processos, as relações de dependência entre processos e semáforos são verificadas, de forma a não se permitir a mais de um processo a execução de uma região crítica controlada por um mesmo semáforo.

Estabelece-se uma fila de processos para cada semáforo, simulando-se o controle das condições de Espera de um escalonador de processos de um sistema operacional. Evidencia-se no fluxograma, a sequência de escalonamento e as possíveis mudanças de estado do processo, de Ativo à Espera ou à Pronto, ciclicamente. Consideram-se processos em *loop* infinito, que podem ou não compartilhar suas regiões críticas com os demais processos.

## 5 | CONCLUSÃO

O que se propôs neste trabalho foi a implementação de um método didático de ensino para o mecanismo de semáforos, mecanismo este de suma importância ao entendimento da concorrência em sistemas operacionais e sempre explorado em cursos homônimos.

A implementação de um simulador que aplique estes conceitos de forma flexível e configurável pelo aluno, serve como importante instrumento de apoio no processo de aprendizado e como ferramenta de verificação dos conhecimentos adquiridos, uma vez que o mesmo pode simular os exercícios propostos para verificar as tabelas por ele criadas.

Esta técnica permite ainda que o mecanismo de semáforos possa ser aprendido sem a necessidade da implementação direta de códigos em sistemas operacionais, quando não há disponibilidade de infra-estrutura para tanto. Este, no entanto, não é seu objetivo primeiro, já que a implementação de código em laboratórios de computação sempre virá a acrescentar mais conteúdo ao aluno.

O ganho apresentado por esta técnica é, sem dúvida, a fusão de diversos conhecimentos em uma única proposição, que oferece ao aluno uma forma objetiva de consolidação do aprendizado. A experiência tem demonstrado que a medida em que o aluno compreenda as noções aqui expostas, ele se torna capaz de construir tabelas de estado cada vez mais complexas de forma natural, não importando a quantidade de processos e de regiões críticas envolvidas, o que demonstra a praticidade do método.

O programa do simulador está disponível para avaliação, mediante contato com o autor, por meio de correspondência eletrônica.

## REFERÊNCIAS

BEN-ARI, M. **Principles of Concurrent and Distributed Programming**. Hertfordshire: Prentice Hall International, 1990.

DIJKSTRA, Edsger. Cooperating Sequential Processes. **Technical Report EWD-123 of Technical University**, Eindhoven, the Netherlands. 1965.

SILBERSCHATZ, Abraham; GAGNE, Greg; GALVIN, Peter Baer. Fundamentos de sistemas operacionais. 9. ed. São Paulo: LTC, 2015.

STALLINGS, William. **Arquitetura e Organização de Computadores**. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2017.

TANENBAUM, Andrew; BOS, Herbert. **Sistemas Operacionais Modernos**. 4.ed. São Paulo: Pearson Universidades, 2016.

ZALUSKI, Patrícia R. S.; DANTAS, Maria J. P. **Aplicação de Softwares de Simulação na Educação em Engenharia: Um Relato de Experiências Internacionais Exitosas em Cursos de Modelagem e Simulação de Sistemas**. In: XLV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2017, Santa Catarina, Anais. Joinville, 2017.