

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

ENGENHA- RIAS: Pesquisa, desenvolvimento e inovação

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

ENGENHARIA- RIAS: Pesquisa, desenvolvimento e inovação



Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 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-Não-Derivativos 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 Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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 Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
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
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
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 Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharias: pesquisa, desenvolvimento e inovação

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia: pesquisa, desenvolvimento e inovação / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0481-1
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.811220208>

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. 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
contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente nos mais diversos ramos do conhecimento, é o do saber multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber.

Apresenta temas relacionados as áreas de engenharia, como civil, materiais, mecânica, química dentre outras, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril. Destaca-se ainda a busca da redução de custos, melhoria continua e automação de processos.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA, TEMPO DE DISSOLUÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE DTPA NA DISSOLUÇÃO DE INCRUSTAÇÃO DE SULFATO DE BÁRIO

Geizila Aparecida Pires Abib
Georgiana Feitosa da Cruz
Alexandre Sérvulo Lima Vaz Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202081>

CAPÍTULO 2..... 18

PROCESSAMENTO CERÂMICO DE COMPÓSITOS DE ALUMINA E CA6

Daniele Rodrigues Freitas
José Manuel Rivas Mercury
Antonio Ernandes Macêdo Paiva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202082>

CAPÍTULO 3..... 25

ANÁLISE DE MECANISMOS

Gabrieli Mesquita de Araujo
Hermano Ranieri Quirino Kubaski
Wesley Costa Bueno

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202083>

CAPÍTULO 4..... 39

SELECTIVE DISPERSION OF STYRENE-BUTADIENE CROSS-LINKED WASTE IN THE POLYSTYRENE MATRIX: A TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPY (TEM) RESEARCH

Carlos Bruno Barreto Luna
Elieber Barros Bezerra
Divânia Ferreira da Silva
Eduardo da Silva Barbosa Ferreira
Edcleide Maria Araújo
Amanda Dantas de Oliveira
Renate Maria Ramos Wellen

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202084>

CAPÍTULO 5..... 53

ENERGY AND COVID-19 – ANALYSIS OF THE IMPACT ON THE GLOBAL ENERGY MATRIX

Luiz Antonio Ferrari
Leni M. P. R Lima
Elaine A. Rodrigues
Maria Aparecida M. G. Pereira
Jamil M. S. Ayoub
José A. Seneda

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202085>

CAPÍTULO 6	67
CERVEJA ESTILO CATHARINA SOUR: UMA BREVE REVISÃO DA LITERATURA	
Isabella Tauchert da Luz	
Vicente Damo Martins da Silva	
Janayne Sander Godoy	
Cristiano Reschke Lajús	
Gustavo Lopes Colpani	
Josiane Maria Muneron de Mello	
Francieli Dalcanton	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202086	
CAPÍTULO 7	77
AGUAPÉ: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO	
Kaio Machado Santos	
Pedro Lúcio Bonifacio	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202087	
CAPÍTULO 8	88
MELHORAMENTO DE RODOVIAS DE TERRA: UM ESTUDO DE CASO	
Rafael Pacheco dos Santos	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202088	
CAPÍTULO 9	105
ANÁLISE DE METODOLOGIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM APLICADAS NO EGRESSO DA GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – PARTE 1	
Fabiola Silva Bezerra	
Wallace Rodolfo Lopes da Silva	
Karina Silva Campos	
Camila Figueiredo Vasconcelos Vidal	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202089	
CAPÍTULO 10	117
PLANEJAR PARA OTIMIZAR RECURSOS: APLICANDO A METODOLOGIA DA APRENDIZAGEM BASEADA EM BRINQUEDOS (ABB)	
Fabiola Silva Bezerra	
Alaine Cardoso Silva	
Luciano Guimarães Garcia	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.81122020810	
CAPÍTULO 11	126
CLOUD QOX: ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN. APROXIMACIÓN EN EDUCACIÓN	
Rosa Mora	
Julián Fernández-Navajas	
José Ruiz-Mas	

Ana Cebollero
Patricia Chueca
Marta Lampaya

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81122020811>

CAPÍTULO 12..... 145

UTILIZAÇÃO DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NO ENSINO DE
MODELAGEM APLICADA A CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS

Rafael Garlet de Oliveira
Thiago Javaroni Prati
Luan Cizeski de Lorenzi
Antonio Ribas Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81122020812>

CAPÍTULO 13..... 156

OSTEORRADIONECROSE MANDIBULAR APÓS IMRT PARA CÂNCER DE CABEÇA E
PESCOÇO

Maria Cândida Dourado Pacheco Oliveira
Danilo Viegas da Costa
Caio Fernando Teixeira Portela
Tarcísio Passos Ribeiro Campos
Arno Heeren de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81122020813>

CAPÍTULO 14..... 168

ANÁLISE PARA ATENUAÇÃO DE RISCOS DE CHOQUE ELÉTRICO E INCÊNDIOS
EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM MORADIAS DE BAIXA RENDA EM CIDADE
UNIVERSITÁRIA

Márcio Mendonça
Marta Rúbia Pereira dos Santos
Fábio Rodrigo Milanez
Wagner Fontes Godoy
Rodrigo Henrique Cunha Palácios
Marco Antônio Ferreira Finocchio
Carlos Alberto Paschoalino
Francisco de Assis Scannavino Junior
Vicente de Lima Gongora
Lucas Botoni de Souza
Michele Eliza Casagrande Rocha
José Augusto Fabri

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81122020814>

CAPÍTULO 15..... 181

A RESIDÊNCIA EM SOFTWARE NO BRASIL

Alessandro Silveira Duarte
José Augusto Fabri
Alexandre L'Erario

Rodrigo Henrique Cunha Palácios
José Antonio Gonçalves
Marta Rubia Pereira dos Santos
Márcio Mendonça
Michelle Eliza Casagrande Rocha
Emanuel Ignacio Garcia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81122020815>

SOBRE OS ORGANIZADORES	197
ÍNDICE REMISSIVO	198

CAPÍTULO 12

UTILIZAÇÃO DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NO ENSINO DE MODELAGEM APLICADA A CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 06/05/2022

Rafael Garlet de Oliveira

Instituto Federal Catarinense, *campus* Luzerna
Luzerna – SC
<http://lattes.cnpq.br/5694895282692108>

Thiago Javaroni Prati

Instituto Federal Catarinense, *campus* Luzerna
Luzerna – SC
<http://lattes.cnpq.br/7638101032304275>

Luan Cizeski de Lorenzi

Instituto Federal Catarinense, *campus* Luzerna
Luzerna – SC
<http://lattes.cnpq.br/2675191651482030>

Antonio Ribas Neto

Instituto Federal Catarinense, *campus* Luzerna
Luzerna – SC
<http://lattes.cnpq.br/5053976869671217>

RESUMO: Este trabalho apresenta a experiência de aplicação do método de Aprendizagem Baseada em Problemas na disciplina de Modelagem e Controladores Lógicos Programáveis (CLP) no curso de Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal Catarinense - *campus* Luzerna. O objetivo desta disciplina é apresentar conceitos sobre Modelagem de Sistemas a Eventos Discretos (SEDs), sobre arquitetura e programação de CLPs e desenvolver Sistemas de Controle Supervisório para sistemas controlados com CLP. Inicialmente

a disciplina se encarrega de repassar os conceitos básicos iniciais aos estudantes, por meio de um número extensivo de exercícios orientados a serem realizados de forma autônoma, e por fim desafiar os alunos a desenvolver o controle de um sistema simulado. Nesta última etapa, é proposto como problema uma planta industrial simulada, construída por meio de um dispositivo microcontrolado com entradas, saídas e indicadores de LED. Este dispositivo tem sua programação baseada em SEDs, cujo modelo é utilizado para a construção do controle a ser implementado no CLP. O desenvolvimento do controle e sua implementação no CLP mostrou-se uma forma bastante eficaz para a fixação dos conceitos iniciais, além de promover a autonomia dos futuros engenheiros para trabalho em equipe e resolução de um problema prático real.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizagem Baseada em Problemas, Sistemas a Eventos Discretos, Modelagem de Sistemas a Eventos Discretos, Teoria de Controle Supervisório, Controladores Lógicos Programáveis.

APPLYING PROBLEM BASED LEARNING IN TEACHING MODELING AND PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

ABSTRACT: This paper presents an application of the Problem Based Learning method in the Modeling and Programmable Logic Controller (PLC) subject in the Control and Automation Engineering course of the Instituto Federal Catarinense - *campus* Luzerna. The main goal of this subject is to present Discrete Events Systems (DES) Modeling concepts, PLC architecture and programming

and Supervisory Control Systems for PLC based control systems. Initially, in this subject, basic concepts are presented to the students by means of an extensive number of oriented exercises to be performed autonomously, and as the final project, students are challenged to develop the supervisory control of a simulated system. In this last step, a simulated industrial plant, built using a microcontrolled device with inputs, outputs and LED indicators, is proposed as a problem. This device has its programming based on DES. Its model is used on the construction of the control to be implemented in the PLC. The development of the controller and its implementation in the PLC proved to be a very effective way to better learning the concepts initially discussed, besides providing the future engineers autonomy for teamwork and solving a real practical problem.

KEYWORDS: Problem Based Learning, Discrete Event Systems, Modeling of Discrete Event Systems, Supervisory Control Theory, Programmable Logic Controller.

1 | INTRODUÇÃO

O aperfeiçoamento do ensino é um assunto amplamente discutido na área das engenharias. Bazzo e Pereira (1997) sugerem que estes cursos devem objetivar a preparação do indivíduo para a realidade sócio-econômica na qual atuará. Neste artigo será apresentado um estudo de caso, onde emprega-se o método de Aprendizagem Baseada em Problema (*Problem Based Learning* – PBL) no ensino de Modelagem de Sistemas a Eventos Discretos (SED) e Controladores Lógicos Programáveis (CLP). Esta metodologia promove a atitude ativa do aluno, como elemento central em busca do conhecimento e não meramente informativa como é o caso da prática pedagógica tradicional (BERBEL, 1998).

A experiência discutida neste artigo compreende o componente da grade curricular, do curso de Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal Catarinense (IFC) - *campus* Luzerna, denominado Modelagem e Controladores Lógicos Programáveis.

1.1 Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL)

A Aprendizagem Baseada em Problemas teve sua gênese em 1969, no ensino de Ciências da Saúde na McMaster University, Canadá. Se trata de uma proposta pedagógica que consiste no ensino centrado no estudante e baseado na solução de problemas, reais ou simulados. Neste método, a fim de solucionar os problemas propostos, os alunos recorrem aos conhecimentos prévios, discutem, estudam, adquirem e integram os novos conhecimentos. A integração de conceitos, aliada à aplicação prática, promove a absorção do conhecimento. Desta forma, o método valoriza, além do conteúdo estudado, a forma como ocorre o aprendizado, reforçando o papel ativo do aluno neste processo. A PBL promove o desenvolvimento da autonomia, a interdisciplinaridade, a não separação entre teoria e prática, o desenvolvimento do raciocínio crítico e de habilidades de comunicação (BORGES et al, 2014).

2 | ASSUNTOS ESTUDADOS NA DISCIPLINA

A disciplina de Modelagem e Controladores Lógicos Programáveis consta como obrigatória no curso de Engenharia de Controle e Automação do IFC – *campus* Luzerna. Sua ementa versa sobre Sistemas a Eventos Discretos (SEDs), Linguagens, Expressões Regulares, Autômatos, Redes de Petri, Teoria de Controle Supervisório, contando também com toda a parte de *Hardware* e *Software* de Controladores Lógicos Programáveis (CLP). A disciplina é lecionada por dois professores e dividida em três partes. A primeira parte é destinada à apresentação das Redes de Petri, Autômatos e Teoria de Controle Supervisório. A segunda parte contempla os conteúdos sobre CLPs, sua construção física hardware e suas linguagens e formas de programação de software. A terceira parte da disciplina é reservada para o desenvolvimento de um ciclo completo de projeto, desde a modelagem e obtenção do Controle Supervisório até a sua programação em um CLP.

As duas primeiras partes da disciplina, se baseiam na resolução de exercícios orientados, nos quais os alunos devem recorrer às referências bibliográficas e materiais de apoio para sua resolução e compreensão de cada tópico. A terceira parte da disciplina tem como objetivo o emprego da metodologia PBL, onde os estudantes devem buscar os conceitos básicos enunciados nas duas primeiras partes para conseguir elaborar um projeto completo. Nesta etapa, o problema proposto é o controle de uma planta industrial, simulada por meio de dispositivo microcontrolado construído para esse fim. Os estudantes são desafiados a propor o modelo de um SED para a planta simulada, obter o controle supervisório baseado neste modelo e efetuar a sua programação e implementação em um CLP, resultando no controle completo do sistema.

2.1 Redes de Petri

O uso das Redes de Petri possibilita uma maior compreensão do funcionamento de sistemas distribuídos, por se tratar de uma ferramenta gráfica (CARDOSO; VALETE, 1997). De acordo com CASSANDRAS e LAFORTUNE (2006), a definição desta linguagem se baseia em quatro elementos: os lugares (P), as transições (T), os arcos (A) e o peso dos arcos (w). Os lugares representam os recursos disponíveis para utilização, ou as condições para as transições. Os arcos são os conectores do grafo, entre as transições e os lugares. Podem incluir como uma informação a mais o seu peso, representando tanto uma condição para a ocorrência de uma transição quanto um valor de saída de um transição para um lugar.

$$R = (P, T, A, w)$$

Na aplicação das Redes de Petri para controle, o comportamento desejado da planta deve ser descrito em um modelo de Redes de Petri. Este modelo pode ser obtido através de várias abordagens. Uma forma é a descrição da planta em malha aberta e das restrições que definem o comportamento em malha fechada em separado seguidas pela fusão de transições das diferentes Redes de Petri.

2.2 Autômatos e Teoria de Controle Supervisório (TCS)

Os autômatos consistem em uma linguagem que descreve o comportamento de sistemas a eventos discretos (SEDs), representando expressões regulares por meio de um grafo. Além disso, são dispositivos capazes de representar uma linguagem de acordo com regras bem definidas (CASSANDRAS; LAFORTUNE, 2006).

A representação de um autômato pode ser feita por meio de cinco elementos: os estados do sistema (Q), o conjunto de eventos (Σ), as funções de transição (f), um estado inicial (q_0) e os estados marcados (Q_m), que representam tarefas completas do sistema.

$$G = (Q, \Sigma, f, q_0, Q_m)$$

A TCS consiste em modelar os diferentes subsistemas da planta através de autômatos, assim como as especificações que determinam o comportamento em malha fechada. Com esses modelos em mãos, é possível se obter a sub-linguagem suprema controlável para o sistema controlado. Esta sub-linguagem é a mais permissiva possível dadas as especificações escolhidas e o resultado final é um controle supervisório que pode ser representado por um autômato e implementado por um CLP.

2.3 Controladores Lógicos Programáveis (CLP)

O CLP é um computador industrial que pode ser programado para executar instruções que controlam dispositivos com máquinas e operações de processos. É capaz de armazenar instruções para implementação de funções de controle, como lógicas de controle, sequenciamento, operações aritméticas, dentre outras para Sistemas Automatizados. Tem em sua estrutura uma CPU (Unidade Central de Processamento) composta de memória e processador, sendo responsável pelas atividades do controlador. Os módulos de entrada e saída são responsáveis pela comunicação entre CPU e o meio externo, garantindo o isolamento e proteção da unidade central. A linguagem Ladder é uma das mais utilizadas nestes dispositivos. É descrita de forma gráfica e baseada em símbolos semelhantes aos encontrados em esquemas elétricos providos de contatos e bobinas (GEORGINI, 2009).

3 | APLICAÇÃO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (PBL) NA DISCIPLINA

Como aplicação do método PBL na disciplina, é apresentada uma atividade a ser desenvolvida pelos estudantes em que deve ser modelada uma planta a ser automatizada e, utilizando esse modelo, construir uma versão simulada da planta em questão. Também se utilizando desse modelo, propor uma solução baseada em SED para ser implementada em um CLP.

3.1 Metodologia para desenvolvimento do trabalho proposto

No primeiro momento, o aluno deve propor uma planta a ser automatizada, que

possa ser descrita por um SED, o que exige a modelagem de cada subsistema de maneira independente.

No âmbito da disciplina, foi desenvolvido um sistema embarcado, baseado em microcontrolador, para simular a planta modelada pelos estudantes e ser capaz de interagir com um CLP (Figura 1). Em suas entradas, foram utilizados opto-acopladores de forma a isolar eletricamente os sinais de controle que são provenientes do CLP, tipicamente em operando em 24V. Para que o microcontrolador seja capaz de enviar sinais equivalentes aos valores dos sensores para o CLP, suas saídas também são isoladas eletricamente.

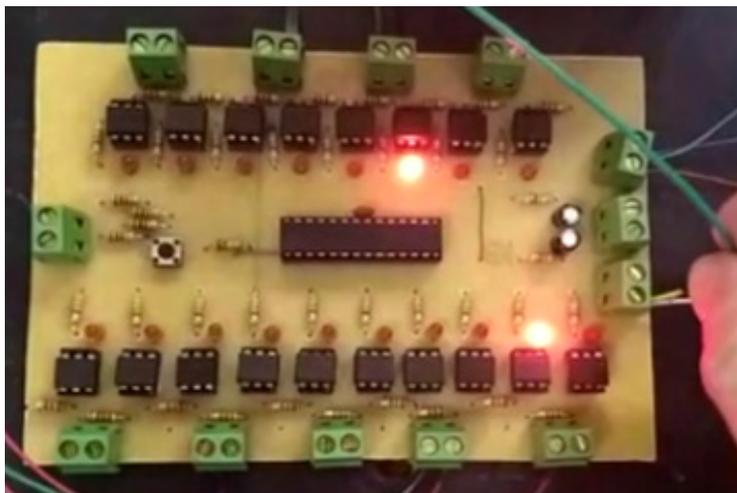


Figura 1: Sistema embarcado para a simulação da planta a ser controlada.

Uma vez com a planta definida como um conjunto de subsistemas descritos em SED, é possível sua programação para o simulador embarcado. Para tal, os SEDs devem ser traduzidos para a linguagem C, utilizada na programação do microcontrolador utilizado. A tradução pode ser feita utilizando Programação Orientada a Autômatos, como através da abordagem de SHALYTO (1991). Na implementação da planta para simulação, devem ser programados os valores que as saídas da planta (sensores) devem possuir em cada estado. Ao fim, tem-se um sistema que interage com o CLP recebendo sinais de controle e enviando sinais de sensores, conforme é representado na Figura 2.

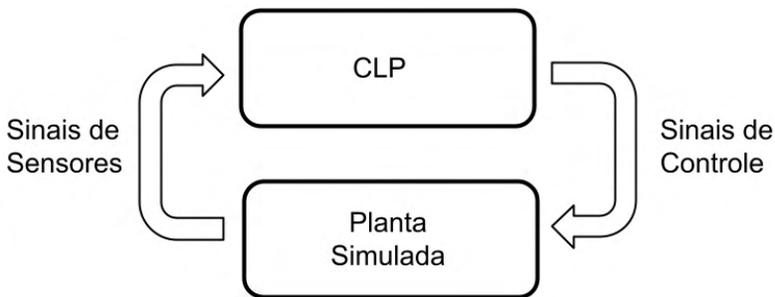


Figura 2: Interação entre CLP e planta simulada para o trabalho proposto.

Uma vez programada a planta simulada, é possível o desenvolvimento de um método de controle baseado em SED. Como exemplos, tem-se a aplicação de Redes de Petri para controle, a utilização de Autômatos para descrever um comportamento desejado para a planta ou ainda a aplicação da Teoria de Controle Supervisório (TCS) para o controle mais permissível possível para a planta.

Com o controlador calculado ou modelado, é possível se implementar o controle em um CLP. A tradução de Redes de Petri para a linguagem Ladder consiste na programação dos lugares para variáveis internas do CLP enquanto as transições são linhas de código a ser executadas. A transformação de um controle supervisório para linguagem Ladder não é tão direta quanto a transformação de um autômato para uma linguagem de programação. Isto porque a informação contida em um supervisório são desabilitações de eventos (ações do CLP enviadas à planta) que não devem ocorrer. Desta forma a programação do CLP deve levar em consideração, não qual comando enviar para a planta, mas quais comandos não devem ser enviados de maneira a evitar que a planta atinja um mau estado. A implementação do controle supervisório em um CLP pode ser realizada por meio da metodologia apresentada em VIEIRA et al. (2017).

3.2 Aplicação da metodologia

Para exemplificar a abordagem proposta, um exemplo foi desenvolvido e é apresentado como uma das possíveis abordagens para solução do trabalho proposto. Neste exemplo, o sistema a ser automatizado é composto por um guindaste com um atuador vertical (subir e descer), um horizontal (movimentar-se para a esquerda e direita) e uma garra para segurar a carga enquanto esta é transportada de um lado para o outro (Figura 3). A referência do ponto onde a carga está inicialmente é a direita e as mesmas devem ser transportadas para a esquerda. Para que o sistema faça o transporte, um botão, indicando a presença de carga, deve ser pressionado. O ciclo de transporte consiste em baixar, segurar a carga, levantar, ir para a esquerda, baixar novamente, abrir a garra para deixar a carga na posição final, subir e esperar novo pressionar do botão para iniciar um ciclo de transporte novamente. O botão pode ser pressionado a qualquer momento

enquanto uma carga está sendo transportada, indicando que uma nova carga se encontra em posição para transporte. O sistema conta com 4 sensores para indicar os fins de curso dos atuadores de movimentação vertical e horizontal.

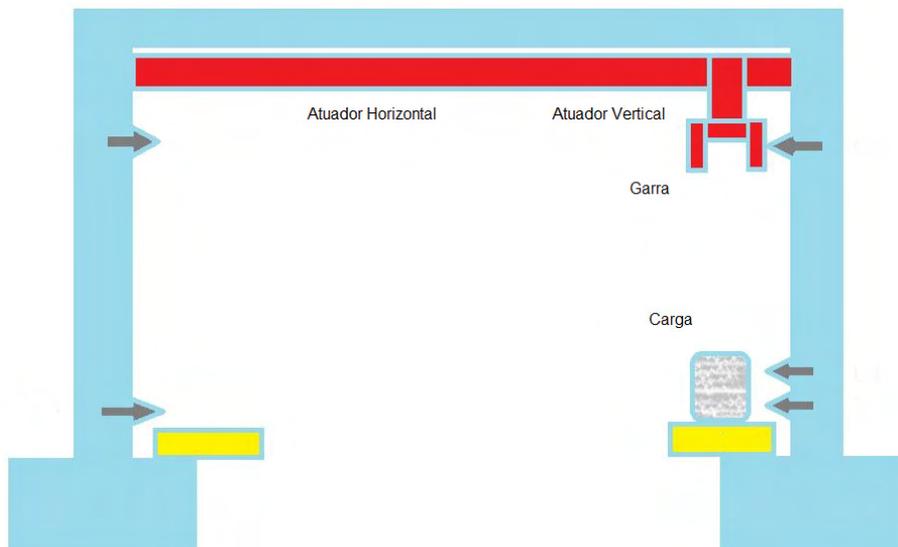


Figura 3: Esboço do guindaste proposto como planta industrial.

Para a programação do simulador da planta, é necessário a modelagem do comportamento de cada um dos subsistemas, de movimentação vertical, horizontal e da garra, levando em consideração seu comportamento real. Isto é, a evolução do modelo deve ser baseada em sinais de controle vindos do CLP e as evoluções em um sistema físico não são instantâneas. Para a planta em questão foram criados os modelos que apresentassem um pequeno tempo entre o envio do sinal e a real ocorrência do evento correspondente. Por exemplo, o sistema representado na Figura 4 apresenta o comportamento esperado pelo atuador vertical, assim, após recebido o sinal de ativação, que faz com que o atuador baixe, é necessário que decorra um tempo antes de ser considerado que o atuador realmente baixou.

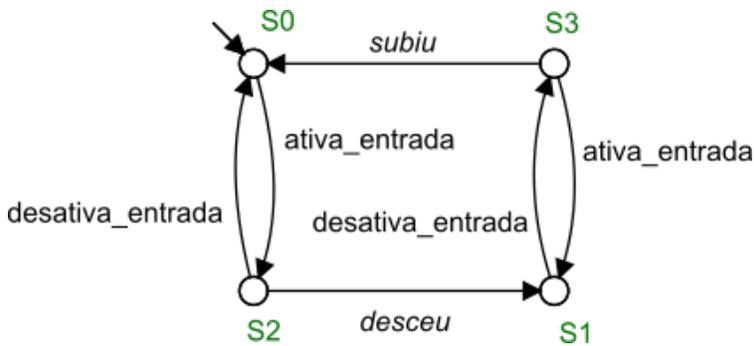


Figura 4: Modelo de simulação do atuador vertical no sistema microcontrolado.

É necessário notar que nos estados $S0$ e $S1$ o atuador se encontra na posição superior (retraído) e inferior (estendido) respectivamente. Estes estados devem ser levados em consideração como condição para ativação das saídas correspondentes (sinais de sensores) da planta simulada. Ainda, o evento *desceu* e *subiu* só ocorre após a decorrência de um tempo pré-determinado depois que o autômato se encontra nos estados $S2$ e $S3$ respectivamente, sendo necessário implementar este comportamento no código da planta simulada.

Os demais atuadores foram modelados com a mesma abordagem, sendo estabelecido um tempo para cada um de forma a tentar aproximar o comportamento do sistema simulado daquele de um sistema real.

No dos modelos da planta a ser controlada, não se faz necessária a modelagem em baixo nível, considerando cada aspecto do sistema como os aspectos temporais por exemplo, é possível criar modelos em alto nível que sejam apenas representações do comportamento do processo. Para esta planta foram criados 3 modelos, um para a garra, outro para o atuador vertical e outro para o horizontal. Os modelos podem ser vistos na Figura 5. Os eventos *ag*, *fg*, *ie*, *fe*, *id* e *fd* são, respectivamente: abre garra, fecha garra, comando para ir para a esquerda, evento de que o sistema chegou à esquerda, comando para ir para a direita e evento de que o sistema chegou à direita.

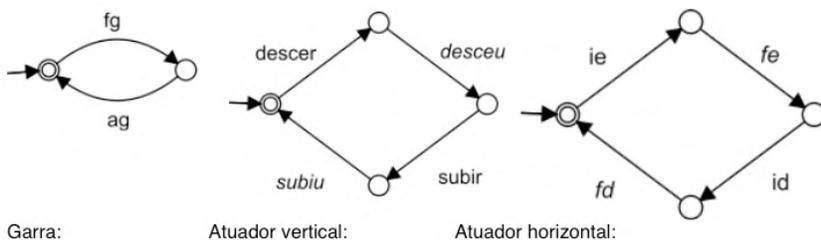


Figura 5: Modelos que compõem a planta.

Foram projetadas cinco especificações para o comportamento da planta, cujos modelos representativos são apresentados na Figura 6. E_0 garante que o botão deve ser pressionado ao menos uma vez para que o guindaste pegue a peça, E_1 garante que o botão seja pressionado uma vez para o primeiro movimento, E_2 garante que a garra suba logo após liberar ou segurar a carga, E_3 evita movimento horizontal com o guindaste estendido e E_4 garante que a garra abra ou feche nas posições corretas.

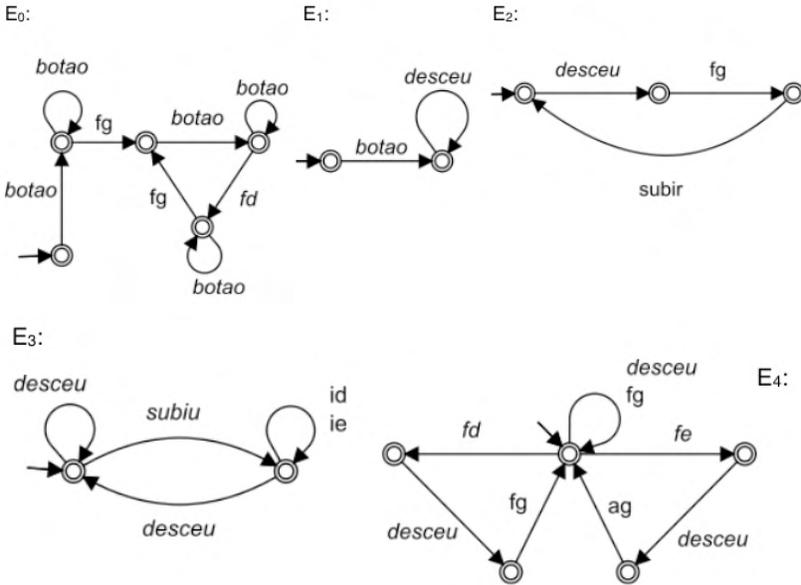


Figura 6: Modelos que representam as linguagens das especificações.

A partir das especificações e dos modelos da planta, é obtido o controle supervisorio monolítico representado na Figura 7.

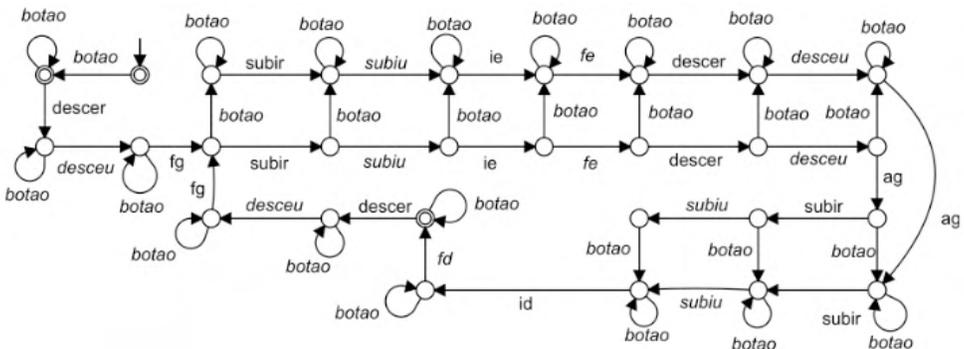


Figura 7: Controle supervisorio monolítico.

A implementação do controle supervísório em CLP pôde então ser feita, utilizando a metodologia desenvolvida por VIEIRA et al. (2017), que apresenta uma maneira sistemática para tradução dos autômatos em linguagem Ladder, explicitando as desabilitações do controle supervísório em cada estado.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou a aplicação da metodologia de ensino PBL e seus resultados em uma disciplina de engenharia. Esta disciplina é dividida em três partes: o ensino de SED, de CLP e um trabalho que tem por propósito a aplicação dos conhecimentos vistos durante a disciplina unindo as duas primeiras partes.

O problema proposto reproduz condições reais de controle de uma planta simulada, construída com base em um dispositivo microcontrolado, através de um CLP que implementa um controlador baseado em SED. Esta abordagem mostrou-se bastante eficaz para a fixação dos conceitos, além de promover a autonomia dos futuros engenheiros para trabalho em equipe e resolução de um problema prático real.

Observa-se, entretanto, que a disciplina apresenta uma carga horária reduzida para o grande conteúdo abordado (CLP e SED). Idealmente, uma carga maior permitiria aprofundamento nos conteúdos ou abordagens utilizadas para a modelagem e controle de sistemas discretos.

REFERÊNCIAS

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V. **Ensino de Engenharia, na Busca do seu Aprimoramento.**[S.l.]: Florianópolis, Editora da UFSC., 1997.

BERBEL, N. N. **“problemization” and problem-based learning: different words or different ways?** Interface — Comunicação, Saúde, Educação, v. 2, n. 2, 1998.

BORGES, M. et al. **Aprendizado baseado em problemas. Tópicos fundamentais para a formação e desenvolvimento docente para professores dos cursos da área da saúde.** Capítulo VIII. Medicina. Ribeirão Preto, São Paulo., Jun 2014.

CARDOSO, J.; VALETTE, R. **Redes de Petri.** Editora da UFSC. Florianópolis: [s.n.], 1997. v. 1.

CASSANDRAS, C. G.; LAFORTUNE, S. **Introduction to Discrete Event Systems.** Secaucus, NJ, USA: Springer-Verlag New York, Inc., 2006.

GEORGINI, J. M. **Automação Aplicada - Descrição e Implementação de Sistemas Sequenciais com PLCs.** São Paulo: [s.n.], 2009. v. 1.

SAVIANI, D. **Escola e democracia.** São Paulo: Cortez, 1991.

SHALYTO, A. **Programmatic implementation of control automata. Automation and remote control series,** n. 13, p. 41–42, 1991.

VIEIRA, A. D.; SANTOS, E. A. P.; QUEIROZ, M. H. de; LEAL, A. B.; PAULA NETO, A. D. de; CURY, J. E. R. **A Method for PLC Implementation of Supervisory Control of Discrete Event Systems**. IEEE Transactions on Control Systems Technology, v. 25, p. 175–191, 2017.

ÍNDICE REMISSIVO

A

ABB 117, 118, 120

Aguapé 77, 78, 80, 81, 83, 85, 86, 87

Alumina 18, 19, 20, 21, 23, 24

Aprendizagem baseada em problemas 105, 107, 111, 112, 114, 120, 145, 146, 148

B

Barita 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 16

C

CA6 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24

Câncer de cabeça e pescoço 156, 158, 159, 161, 163, 165

Cervejas ácidas 67, 70, 71, 74, 75

Cervejas frutadas 67

Compósito 18, 19, 20, 24

Controladores lógicos programáveis 145, 146, 147, 148

D

Dano 1, 4, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 19

E

Efluentes 7, 8, 12, 13, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 85, 86

Engenharia de Produção 105, 106, 107, 108, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 124, 185, 197

Estradas de terra 88, 89, 90, 91, 103

I

Incrustação mineral 1, 3, 7, 13

L

LEGO 117, 122, 123

M

Macadame seco 88, 89, 91, 92, 98, 99, 103, 104

Melhoramento de vias 88, 95, 97, 98, 102, 103

Metodologias ativas 117, 118, 119, 120, 125, 174

Metodologias de ensino e aprendizagem 105, 112, 114

Modelagem de sistemas a eventos discretos 145, 146

O

Osteorradiocrose 156, 158, 160

P

Parâmetros físico-químicos 67, 69

R

Radioterapia de intensidade modulada 156, 158

Reservatório de petróleo 1

S

Saneamento 77, 78, 79, 86, 87, 170, 171

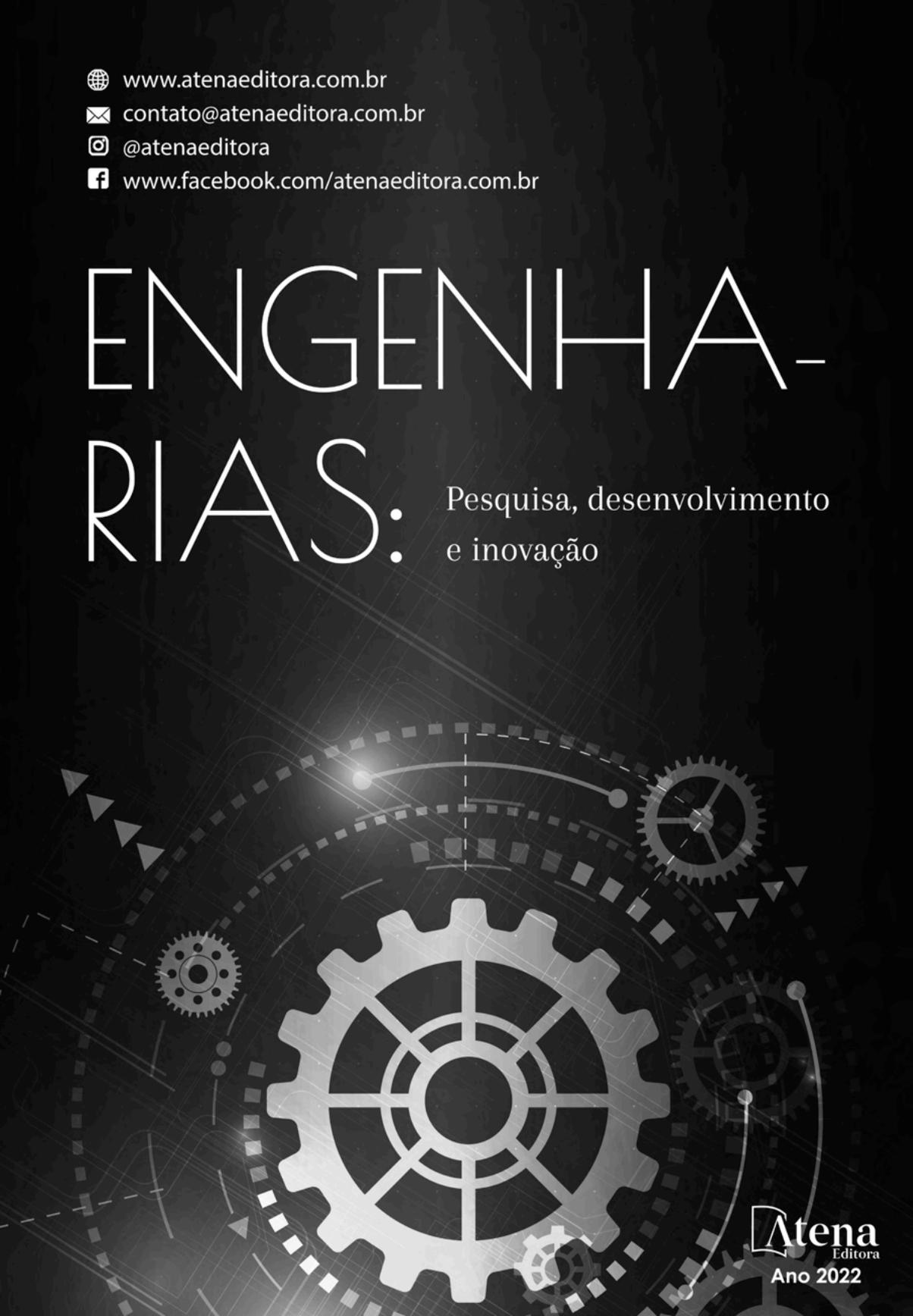
Sistemas a eventos discretos 145, 146, 147, 148

T

Teoria de controle supervisorio 145, 147, 148, 150

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIA- RIAS: Pesquisa, desenvolvimento e inovação



Atena
Editora
Ano 2022

🌐 www.arenaeditora.com.br
✉ contato@arenaeditora.com.br
📷 @arenaeditora
📘 www.facebook.com/arenaeditora.com.br

ENGENHA- RIAS: Pesquisa, desenvolvimento e inovação

**Atena**
Editora
Ano 2022