

Myller Augusto Santos Gomes
(Organizador)



ENGENHARIA DE PRODUÇÃO:

INOVAÇÃO, PRODUÇÃO E SUSTENTABILIDADE



AYA EDITORA
2021

MYLLER AUGUSTO SANTOS GOMES

(ORGANIZADOR)

Editor Chefe:	Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares
Bibliotecária:	Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347
Capa:	Designed by AYA Editora©
Imagem da Capa:	Designed by freepik.com
Diagramação:	Ana Lucia Ribeiro Soares
Revisão:	Os Autores

Conselho Editorial

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza - Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz - Faculdade Sagrada Família

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva - Centro Universitário FACEX

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chiroli - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis - Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig - Universidade Federal do Paraná

Prof.º Dr. Gilberto Zammar - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso - Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues - Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Me. Jorge Soistak - Faculdade Sagrada Família

Prof.º Me. José Henrique de Goes - Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim - Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.ª Ma. Lucimara Glap - Faculdade Santana

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho - Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues - Universidade Norte do Paraná

Prof.º Me. Myller Augusto Santos Gomes - Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch - Faculdade Sagrada Família

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda - Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail - Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens - Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares - Universidade Federal do Piauí

Prof.ª Ma. Silvia Aparecida Medeiros Rodrigues - Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda Santos - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues - Instituto Federal de Santa Catarina



© 2021 O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição *Creative Commons* 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

As ilustrações e demais informações contidas desta obra são integralmente de responsabilidade de seus autores.

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: INOVAÇÃO, PRODUÇÃO E SUSTENTABILIDADE 1

Editor Chefe:	Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares
Bibliotecária:	Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347
Capa:	Designed by AYA Editora©
Imagem da Capa:	Designed by freepik.com
Diagramação:	Ana Lucia Ribeiro Soares
Revisão:	Os Autores

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, São Paulo, Brasil)

G6331 Engenharia da produção: inovação, produção e sustentabilidade 1. / Myller Augusto Santos Gomes (organizador). -- Ponta Grossa: Aya, 2021. 237 p. -- ISBN: 978-65-88580-16-5

Inclui biografia
Inclui índice
Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.
Modo de acesso: World Wide Web.
DOI 10.47573/aya.88580.2.11

1. Cultura organizacional. 2. Hidráulica. 3. Agroindústria. 4. Soja. 5. Pequenas e médias empresas. 6. Engenharia de produção. 7. Tecnologia. 8. Processamento de imagens - Educação. 9. Aprendizagem. 10. Ergonomia. 11. Vapores fluviais (Embarcações). 12. Coleta seletiva de lixo. 13. Catadores de lixo. 14. Hospitais-Administração. 15. Energia elétrica-Produção. 16. Sociedades comerciais-Contabilidade. 17. Robótica. 18. Robôs industriais I. Gomes, Myller Augusto Santos. II. Título

CDD: 658.5

AYA Editora©



+55 (42) 3086-3131



contato@ayaeditora.com.br



<https://ayaeditora.com.br>



Rua: João Rabello Coutinho, 557
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
84.071-150

Myller Augusto Santos Gomes
(Organizador)



ENGENHARIA DE PRODUÇÃO:

INOVAÇÃO, PRODUÇÃO E SUSTENTABILIDADE



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	10
--------------	----

CAPÍTULO 1	11
------------	----

Avaliação da utilização do programa EPANET para modelagem hidráulica de redes de chuveiros automáticos

Evaluation of the use of the EPANET program for hydraulic modeling of automatic shower networks

Fernanda Balestro

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.1

CAPÍTULO 2	28
------------	----

Elaboração de Ferramenta para Medição de Criatividade para a Cultura Corporativa

Making a Creativity Measure Tool for Corporate Culture

Henrique Santos Ribeiro

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.2

CAPÍTULO 3	46
------------	----

Perspectivas da soja brasileira no mercado internacional

Perspectives of the Brazilian soybean in the international market

Daniela Felix de Almeida

Claudio Luiz Rodrigues de Sá

Alexandre Machado

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.3

CAPÍTULO 4	63
------------	----

Modelagem matemática para pequenas empresas: uma contribuição à tomada de decisão em tempos de pandemia

Mathematical modeling for small businesses: a contribution to decision making in pandemic times

Valesca Scarpati

Diego Vieira dos Santos

Alessandro Roberto Rocha

Fernando Nascimento Zatta

Wellington Gonçalves

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.4

SUMÁRIO

CAPÍTULO 5 81

Práticas pedagógicas: um novo olhar - desafios e técnicas aplicadas para motivar a aprendizagem na formação de um engenheiro de produção

Pedagogical practices: a new look - challenges and techniques applied to motivate learning in training a production engineer

Jair Henrique Boarão

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.5

CAPÍTULO 6 98

Reconhecimento de dígitos numéricos manuscritos baseado em segmentação de imagens e Redes Neurais Convolucionais

Handwritten numeric digits recognition based on images segmentation and Convolutional Neural Networks

João Vargas Neto

Jorge Luiz Dos Santos Canuto

Anne Gabrielle Kessa Piai

Edwin Vladimir Cardoza Galdamez

Rodrigo Clemente Thom de Souza

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.6

CAPÍTULO 7 111

Análise ergonômica e eletromiográfica das atividades musculares na linha de produção do setor automotivo para melhorias biomecânicas

Ergonomic and electromyographic analysis of muscle activities in the production line of the automotive sector for biomechanical improvements

Carlos López Noriega

Fernanda Pericinotto

Leonardo Sobral

Roberta Vieira Raggi

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.7

CAPÍTULO 8 124

Isotermas de Langmuir e Freundlich em carvões vegetais

Langmuir and Freundlich isotherms in charcoal

Letícia Bittencourt Melani

Gylles Ricardo Stroher

Gisely Luzia Ströher

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.8

SUMÁRIO

CAPÍTULO 9 137

Pequenas Embarcações em Alumínio: O Processo de Fabricação em Itacoatiara - AM

*Eliakim Marques Serrão
Rute Holanda Lopes
Evely Laranjeira Marques
Maria Francisca Bastos
Karina Araújo Pawlina*

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.9

CAPÍTULO 10 153

Análise comparativa de material particulado em galpões de triagem de material reciclável

Comparative analysis of particulate material in sorting sheds of recyclable material

*Henrique Augusto Chaves Ferreira da Silva
Clarissa Melo Lima
Roberto Bernardo da Silva
Paulo Celso Gomes dos Reis*

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.10

CAPÍTULO 11 170

Sistemas tolerantes a falhas para servidores e redes de computadores aplicáveis aos sistemas de informação hospitalares

Fault tolerant systems for servers and computer networks applicable to hospital information systems

*Eliéser Paiva de Sousa Júnior
Rafael Lemos Pereira
Adan Lucio Pereira*

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.11

CAPÍTULO 12 188

Controle de qualidade de energia elétrica na indústria

Quality control of electricity in the industry

Jairo Rodrigo Corrêa

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.12

SUMÁRIO

CAPÍTULO 13	201
<hr/>	
Modelagem de cointegração em ativos financeiros	
<i>Cointegration modeling in financial assets</i>	
<i>Osmar Domingues</i>	
<i>Guilherme Lamounier Maschietto Almeida</i>	
<i>DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.13</i>	
CAPÍTULO 14	217
<hr/>	
Path Planning and SDRE control for a Pick and place SCARA Robot	
<i>José Adenilson Gonçalves Luz Junior</i>	
<i>José Manoel Balthazar</i>	
<i>Angelo Marcelo Tusset</i>	
<i>DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.14</i>	
ÍNDICE REMISSIVO	233
<hr/>	
ORGANIZADOR	236
<hr/>	

APRESENTAÇÃO

Em mercados competitivos, desenvolver iniciativas das quais transforme recursos, processos, produtos e pessoas por meio de otimizações e melhorias contínuas são alguns dos preceitos das organizações contemporâneas, exigindo um esforço coletivo para que o reconhecimento ocorra através de stakeholders dos quais contribuem a definição da proposta de valor para o cliente e para a organização. Aliado a isto, metas organizacionais são estabelecidas para que a continuidade das atividades da organização ao longo do tempo, se sustente com estratégias emergentes e deliberadas renovando práticas existentes incorporando novas tecnologias, métodos de trabalho e decisões inteligentes.

Está experiência repleta de habilidades, capacidades e competências pode ser significativa para a evolução da organização e para a dinâmica do mercado, visto que as características da própria empresa e a estrutura do setor econômico são os motores necessários para a criação de valor, motivados pelas tendências socioambientais, culturais, demográficas, tecnológicas e econômicas existentes que em muitos casos se apresentam como desafios de conquista e superação.

Esta obra possui o intuito de levar a você leitor um conjunto de informações interconectadas pautadas por conceitos-chaves capazes de promover a transformação tão necessária no ambiente organizacional e produtivo, fazer o novo associado a uma produção inteligente e com preceitos sustentáveis são tendências nos dias atuais. A expansão de áreas de aplicação torna-o instigante nesta viagem pelo conhecimento.

Com ampla variedade de investigações em áreas distintas como formas de modelagem, ferramentas de medição de criatividade, agronegócio, aprendizagem e prática pedagógica, inteligência artificial, ergonomia, resíduos sólidos, novos produtos e processos, sistemas de informação, energia e modelos matemáticos permitem deliberar um olhar crítico e holístico sobre a inovação, a produção e a sustentabilidade.

Esperamos que esta viagem pelo conhecimento científico permita a você leitor explorar diferentes perspectivas sobre a inovação, produção e sustentabilidade, estabelecendo uma visão ampliada de temáticas que possuem o poder de transformar desafios em novas oportunidades para a cadeia produtiva em um mercado competitivo.

Myller Augusto Santos Gomes

*Professor na Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO
Doutorando em Engenharia de Produção pelo PPGE/UTFPR*

CAPÍTULO

1

Avaliação da utilização do programa EPANET para modelagem hidráulica de redes de chuveiros automáticos

Evaluation of the use of the EPANET program for hydraulic modeling of automatic shower networks

Fernanda Balestro

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – DF (IPE)

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.1



AYA EDITORA

CAPÍTULO 1

Resumo: Um sistema de chuveiros automáticos é uma rede hidráulica complexa, projetada para ser acionada em caso de incêndio, quando deverá fornecer ao ambiente uma vazão de água adequada para suprimir o as chamas. Assim, é dimensionada para cada caso conforme o risco da ocupação. No presente trabalho avaliou-se a possibilidade de se modelar o sistema de chuveiros automáticos no EPANET, software de modelagem de redes hidráulicas amplamente utilizado em sistemas de abastecimento de água. O dimensionamento foi feito por cálculo hidráulico para um estudo de caso e, após, inseridos estes dados no EPANET. Ainda, foram feitas análises comparativas para mudanças de diâmetro e da potência da bomba e seus efeitos no atendimento dos parâmetros de projeto. Verificou-se que o programa atende plenamente à modelagem deste tipo de sistema e oferece ampla aplicabilidade ao projetista, permitindo o estudo de diversas configurações do sistema e, dessa forma, uma análise técnico econômica mais detalhada.

Palavras-chave: EPANET. chuveiros automáticos. modelagem hidráulica. dimensionamento.

Abstract: A fire sprinkler system is a complex hydraulic network, designed to be activated in case of fire, delivering into the focus of the fire the correct flow of water, which is calculated to each specific situation considering its risk of fire. The aim of this paper was to evaluate the use of EPANET, a network modelling tool used widely in the world, to model a fire sprinkler system. The fire sprinkler system was first calculated using hydraulic calculation for a case study and the results were then used to feed EPANET and compare the results. Additional scenarios (changing the diameter of pipes and the power of the pump) were modelled on EPANET to verify how these changes would affect the compliance with the project parameters. It was found that this software can be used for the modeling of this type of network and provides broad applicability for the project engineer, allowing the study of various system settings and, therefore, a more detailed technical and economic analysis.

Keywords: EPANET. fire sprinkler. hydraulic modelling. hydraulic calculation.

INTRODUÇÃO

Denomina-se “incêndio” o fogo que está fora de controle e que deve ser, em primeira instância, prevenido e, em segunda, combatido. Os métodos de prevenção e combate dependerão da legislação e das normas aplicáveis. No caso do Brasil, não existe uma legislação federal unificada. As leis são estaduais e, por isso, cada governo estabelece uma lei com base em normas locais ou estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) ou mesmo pela Consolidação das Leis de Trabalho (CLT). Desta forma, tem-se diferentes graus de proteção exigidos por lei

CAPÍTULO 1

para as mesmas edificações em diferentes estados, sendo a referência nacional o estado de São Paulo.

No estado do Rio Grande do Sul, a prevenção e o combate a incêndios atingiram novo grau de importância devido à tragédia na boate Kiss, na qual 242 pessoas perderam a vida e outras 116 saíram feridas, muitas com sequelas. O sinistro foi considerado a segunda maior tragédia no Brasil em número de vítimas em um incêndio, sendo superado apenas pela tragédia do Gran Circus Norte-Americano, ocorrida em 1961, em Niterói, que vitimou 503 pessoas e teve características semelhantes às do incêndio ocorrido na Argentina, em 2004, na discoteca República Cromañón. Classificou-se também como a quinta maior tragédia da história do Brasil, a maior do Rio Grande do Sul, a de maior número de mortos nos últimos cinquenta anos no Brasil e o terceiro maior desastre em casas noturnas no mundo.

O incêndio da boate Kiss motivou mudanças na legislação estadual, que adotou a legislação do estado de São Paulo, considerada a mais avançada do país, com algumas pequenas alterações. A nova legislação, a Lei Complementar nº14.376 de 26 de dezembro de 2013 - que já passou por alterações desde então - dispõe quais serão as medidas de prevenção e proteção contra incêndios que deverão ser adotadas pelas edificações e áreas de risco no estado. Uma destas medidas de prevenção é o sistema de chuveiros automáticos, uma rede de tubulações onde estão ligados os chuveiros que serão acionados no caso em que seja atingida sua temperatura de acionamento. Os mesmos são dispositivos com elemento termossensível projetados para serem acionados em temperaturas pré-determinadas, lançando automaticamente água sob a forma de aspersão sobre determinada área, com vazão e pressão especificados, para controlar ou extinguir um foco de incêndio.

Esta medida de proteção foi inventada em 1874 nos Estados Unidos, onde já na década de 40 percebeu-se, analisando incêndios de grandes proporções e com grande número de vítimas, que os prédios que estavam ocupados com chuveiros automáticos apresentavam significativamente menor perda de vidas humanas (*"Fire Sprinkler Facts"*, NFSA). Esta mesma NFSA cita um estudo feito na Nova Zelândia desde o ano 1886 até 1968 que demonstrou que 99,76% de todos os incêndios ocorridos neste período foram extintos ou controlados pelo uso de chuveiros automáticos. O sistema de chuveiros automáticos é o sistema mais eficaz para combate a focos de incêndio. Conforme, Hall, 2013, os chuveiros automáticos são

CAPÍTULO 1

projetados para confinar o fogo. Desta forma, um foco de incêndio que poderia ter se espalhado para além de seu local de origem ficará confinado a este espaço, diminuindo os danos materiais e o tamanho da área afetada pelo fogo.

Hall (2013) cita algumas estatísticas americanas importantes relativas ao uso de sprinklers. Relata que em 96% das vezes em que os sprinklers foram acionados, os mesmos foram efetivos em extinguir o foco de fogo. Outro dado importante citado é que em casas equipadas com sistemas de sprinklers de canalização molhada, a taxa de mortes por 1.000 incêndios reportados em casas foi menor em 82% e os danos foram menores em 68%. Entre suas vantagens, cita-se que o sistema possui acionamento automático, o que diminui as chances de falha humana em sua ativação; são acionados apenas os chuveiros diretamente localizados na área do fogo e são interligados a um sistema de acionamento de alarmes. As vantagens no uso deste sistema (menor perda de vidas humanas, menos danos à propriedade, tempo menor de interrupção das atividades, maior rapidez no combate a focos de fogo, entre outras) justificam a adoção do mesmo.

Uma rede pressurizada bem projetada é essencial quando se fala de um Sistema de Chuveiros Automáticos. O projetista deve levar em consideração uma complexa relação de custo-benefício e atendimento de condicionantes de pressão e vazão (entre outras). A norma brasileira sugere duas formas de dimensionamento para um sistema de chuveiros automáticos: através de tabelas e através de cálculo hidráulico. No entanto, a avaliação de todas estas condicionantes de forma manual pode ser muito difícil, conforme ressaltado por Owusu-Ansah (2011). Nos últimos anos vários softwares foram desenvolvidos tendo como objetivo auxiliar o projetista neste processo de tomada de decisão, visando alcançar os objetivos citados acima. Estes softwares, em geral, fazem uso de modelagem hidráulica. O objetivo deste estudo é avaliar a possibilidade de utilização de um software de modelagem hidráulica – o EPANET - como ferramenta de modelagem de sistemas de chuveiros automáticos. Isso será feito a partir da inserção dos dados obtidos pelo dimensionamento hidráulico do sistema no programa e posterior avaliação destes na modelagem hidráulica quanto aos parâmetros de vazão, pressão, velocidade e potência de bomba requerida.

CAPÍTULO 1

MODELAGEM HIDRÁULICA DE UMA REDE

A modelagem hidráulica de uma rede é uma representação de um sistema real de canalizações de água. Ou seja, representa-se no computador, com uso de um software, o comportamento esperado de uma rede de tubulações real, dada a entrada dos dados de seus componentes e das características operacionais. Os softwares permitem, então, que se altere os dados de entrada (seja o diâmetro de uma tubulação, uma bomba, etc) e compare-se os resultados obtidos com a nova simulação com os resultados obtidos na simulação anterior. Os dados de entrada são (a) infraestrutura da rede; (b) demandas de água; (c) características operacionais. Com estes, o software fará a modelagem utilizando-se de equações de energia, continuidade, transporte e otimização para chegar aos resultados. Os resultados são expressos comumente em vazão nas tubulações; pressão na rede; níveis do reservatório; posição das válvulas; status das bombas.

Este estudo utiliza o EPANET, um software de modelagem hidráulica e de qualidade de água que foi desenvolvido pela EPA – *Environmental Protection Agency*, Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos. É o programa de modelagem hidráulica e de qualidade de água mais empregado no mundo, fato em grande parte devido a ser encontrado em versões nos principais idiomas, à sua facilidade de uso e por ser um programa disponibilizado gratuitamente.

ESTUDO DE CASO PARA APLICAÇÃO DO EPANET À MODELAGEM DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

Utilizou-se uma planta fictícia, onde hipoteticamente se deseja implantar um sistema de chuveiros automáticos, de forma que seja possível realizar o pré-dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos e, posteriormente, a modelagem no EPANET. Considerou-se, para este estudo de caso, que a área onde será implantado o sistema de chuveiros automáticos é uma ampla área coberta, um galpão industrial, quadrado de 30 m x 30 m (900 m²). São aplicadas as seguintes normas e legislações: NBR 10.897:2007 - Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos —

CAPÍTULO 1

Requisitos; NFPA 13:2007 – *Standart for the installation of sprinkler systems* (Padrão para instalação de sistemas de chuveiros automáticos, norma americana).

Parâmetros adotados para o dimensionamento do Sistema de Chuveiros Automáticos

A norma brasileira refere o uso de dois tipos de dimensionamento: o dimensionamento por tabelas e o dimensionamento por cálculo hidráulico. O dimensionamento por tabelas tem menor gama de aplicações e não é aplicável ao estudo de caso. Porém, conforme ressaltado por Brentano (2011), mesmo quando possível a aplicação do método de dimensionamento por tabelas, o método de cálculo hidráulico é sempre preferível, por diversos motivos: (a) é mais preciso, não se utilizando de “médias” ou valores prontos, sendo calculado exatamente para as condições da instalação; (b) devido à sua precisão, leva a estimativas de custos de projetos mais confiáveis e (c) como é calculado de forma precisa para a ocupação, pode levar ao uso de tubulações de menor diâmetro, potência menor de bomba e volume menor de reservação o que reduzirá efetivamente o orçamento da instalação.

Ressalta-se que para o dimensionamento hidráulico da área de aplicação foi utilizado o método proposto por Brentano (2011) e que, apenas para este fim, foi considerada que a rede é aberta, não fechada. Ademais, adotou-se chuveiros automáticos do tipo “resposta rápida”; canalização do tipo “molhada”; perdas de carga calculadas por Hazen-Williams (coeficiente de 120); pressão mínima calculada para os chuveiros automáticos de 50 kPa, ou 5 mca; e diâmetros nominais mínimos das canalizações de aço galvanizados (ferrosos) ≥ 25 mm. O fator K, fornecido pelo fabricante do chuveiro automático e que define a sua vazão em função da pressão, adotado foi de $36,3 \text{ l/min/mca}^{1/2}$ para um diâmetro nominal do chuveiro automático de 13,5 mm.

As redes de chuveiros automáticos podem assumir diversos qualquer dos traçados de redes de água disponíveis. Na rede ramificada, ou em “espinha de peixe”, a água circula só em um sentido e as tubulações não estão conectadas entre si. Já na rede malhada, os ramais que alimentam os sub-ramais estão ligados entre si e podem ser alimentados por qualquer um dos lados. Neste tipo de configuração, as

CAPÍTULO 1

perdas de carga são menores e as diferenças de pressão também. Ainda, é possível a utilização de diâmetros menores nas tubulações que formam os anéis de distribuição. Para o dimensionamento por cálculo hidráulico será considerada uma rede aberta, dada a dificuldade de dimensionar sem utilização de softwares uma rede fechada e, para o dimensionamento no EPANET, será considerada uma rede fechada. Dentro de um Sistema de Chuveiros Automáticos poderão existir várias redes de distribuição, cada uma controlada por uma válvula de controle automática.

A NBR 10.897:2007 dá as áreas máximas que poderão ser protegidas por uma rede de chuveiros automáticos de acordo com a classe de risco. Para a classe de risco do estudo de caso, a área máxima a ser protegida por uma rede é de 4.800 m². O pavimento tem área de 900 m². Desta forma pode-se adotar uma válvula de controle automática.

Existem diversos tipos de chuveiros automáticos disponíveis, sendo que cada tipo e para cada fabricante, apresentará uma área de cobertura de proteção diferente. Utilizou-se o tipo de chuveiro de Cobertura Estendida, cuja área máxima de proteção, dada pela NFPA 13:2007 é de 37 m². A adoção de ambos os parâmetros, espaçamentos mínimos e máximos, também seguiu o preconizado pela NFPA 13:2007. Para a configuração apresentada e a área de 900 m², o total de chuveiros automáticos requeridos será de 25 chuveiros.

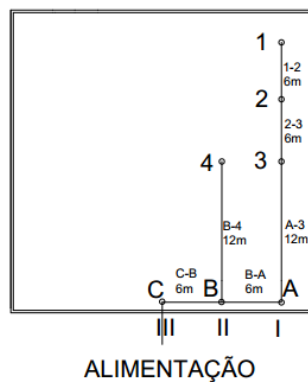
Dimensionamento por cálculo hidráulico

Conforme Brentano, 2011, o dimensionamento por cálculo hidráulico é feito para uma área setorial, correspondente a uma parte da área total do pavimento na qual se identifique a situação mais desfavorável hidraulicamente para os chuveiros automáticos. Estes chuveiros são os que apresentarão, dentre o todo do sistema, o maior risco de não atendimento dos parâmetros de projeto. Essa área selecionada recebe o nome de área de aplicação ou operação. Considera-se que o dimensionamento feito para os chuveiros que apresentarão as piores condições já irá automaticamente satisfazer os outros chuveiros, os quais estão em condições mais favoráveis de atendimento das pressões e vazões mínimas requeridas.

CAPÍTULO 1

As retas de densidade/área são preconizadas pela NBR 10.897 e sua utilização é necessária na definição do tamanho da área de aplicação. Cabe ao projetista determinar qual área de aplicação melhor se adequa ao seu projeto dada a reta para a classe de risco específica. A densidade de água adotada foi de 8,1 mm/min ou 8,1 l/min/m². O desenho final da área de aplicação é o apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Configuração da área de aplicação



A Tabela 1 apresenta a memória de cálculo para os chuveiros automáticos seguindo o dimensionamento hidráulico.

CAPÍTULO 1

Tabela 1 – Memória de cálculo do dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos

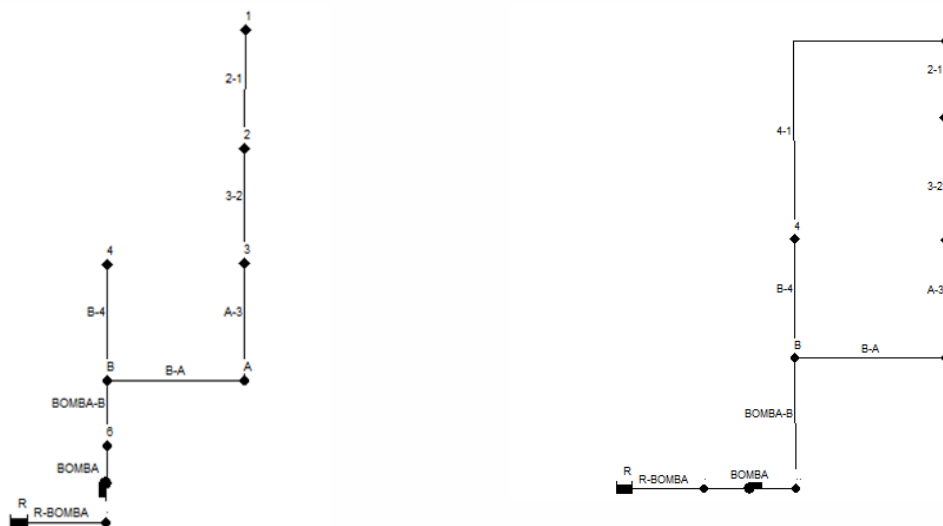
Chuveiro automático	Trecho	Pressão no chuveiro	Vazão					Diâmetro		Comprimento		Perda de carga no trecho	Desnível no trecho	Pressão no chuveiro automático		Fator k
			Chuveiro automático			No trecho	Velocidade	Calculado	Adotado	Real	Equivalente					
		mca	l/min	m³/s	l/min	m³/s	m/s	mm	mm	m	m	mca	mca	mca	kPa	(*)
1		64,53	291,6	0,00486	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64,53	645	36,3
	2-1	64,53	-	-	291,6	0,00486	3,86747	0,041	40	6	-	3,07	-	67,60	676	
2		67,60	298,5	0,04974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36,3
	3-2	-	-	-	590,1	0,00983	3,72047	0,058	60	6	-	1,57	-	69,17	692	
3		69,17	301,9	0,05032	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36,3
	A-3	-	-	-	892	0,01487	3,36498	0,071	75	15	-	2,84	-	72,02	720	
A		72,02	892	0,01487	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105,1
	B-A	-	-	-	892	0,01487	3,36498	0,071	75	6	-	1,14	-	73,15	732	
B		73,15	899	0,01487	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105,1
	GMB-B	-	-	-	1791	0,02985	3,8005	0,101	100	16	75,9	12,87	8	86,03	-	-
GMB		-	1791	0,02985	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CAPÍTULO 1

Modelagem no EPANET

A modelagem em EPANET foi feita para duas situações: a área de aplicação e a área de projeto como um todo. A área de aplicação foi representada no EPANET de duas formas: a primeira foi a representação da situação exata dimensionada hidraulicamente (representação A), com a inserção dos dados obtidos conforme a memória de cálculo do dimensionamento hidráulico e a segunda (representação B) foi a representação desta situação, porém com a rede formando um anel entre o chuveiro 1 e o chuveiro 4 (rede fechada). Assim, é possível comparar os resultados obtidos (pressões, perdas de carga e velocidade) no EPANET com os resultados calculados hidraulicamente e comparar as perdas de carga e pressões resultantes para as duas configurações de redes propostas (rede aberta – configuração A e rede fechada – configuração B).

Figura 2: Configuração do sistema de chuveiros automáticos para a área de aplicação – configuração A, à esquerda e B, à direita)



Além dos dados inseridos para os nós, a Tabela 2 apresenta os dados inseridos para os trechos entre os nós.

CAPÍTULO 1

Tabela 2 – Dados inseridos para os trechos da área de aplicação

Configuração A			Configuração B		
Trecho	Diâmetro	Comprimento	Trecho	Diâmetro	Comprimento
2-1	40	6	2-1	40	6
3-2	60	6	3-2	60	6
A-3	75	15	4-1	60	18
B-A	75	6	A-3	75	15
GMB-B	100	75,9	B-A	75	6
			GMB-B	100	75,9

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para a modelagem da configuração A em comparação aos resultados calculados por dimensionamento hidráulico. Observa-se que os valores encontrados pela modelagem são muito próximos dos valores calculados por dimensionamento hidráulico e ressalta-se que diferenças são esperadas dado o fato de que o EPANET consegue levar em consideração maior gama de variáveis.

Tabela 3 – Comparativo entre resultados obtidos por modelagem hidráulica e dimensionamento hidráulico

Chuveiro	Trecho	Vazão		Pressão		Perda de carga		Velocidade	
		Calc.(*) l/s	Mod.(**) l/s	Calc. mca	Mod. mca	Calc. mca	Mod. mca	Calc. m/s	Mod. m/s
1	2-1	4,86	8,85	64,53	45,65	3,07	1,53	3,87	7,04
2		4,97	9,34	67,60	54,82	1,57	0,81	3,72	6,43
3	3-2	5,03	9,59	69,17	59,65	2,84	0,60	3,36	6,29
A	A-3	14,87	14,87	72,02	63,22	1,14	1,32	3,36	9,65
B	B-A	14,98	14,98	73,15	71,12	12,87	0,76	3,80	8,6
	GMB-B								

(*) Calc. : valor calculado (**) Mod: valor obtido na modelagem com o EPANET.

Já a Tabela 5 expõe os resultados obtidos para as configurações de rede A e B, apresentadas anteriormente. A configuração B difere da A por formar um anel hidráulico entre os nós 1 e 4. Este tipo de configuração é a mais recomendada hidraulicamente por permitir alimentação de água por ambos os lados, acarretando em menores perdas de carga. Este fato pode ser observado nitidamente na tabela abaixo, que apresenta valores de perda de carga muito menores em comparação à configuração inicial (A). Ainda, esta configuração permitiu o alcance de pressões maiores para cada chuveiro

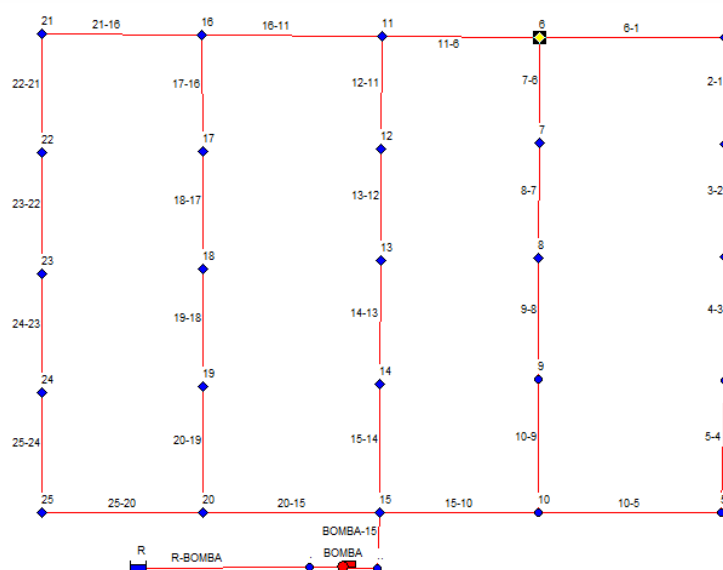
CAPÍTULO 1

Tabela 4 - Comparativo entre resultados obtidos por modelagem hidráulica para as configurações A e B

Chuveiro /Nó de consumo	Trecho	Vazão Conf. l/s	Conf. l/s	Pressão Conf. mca	Conf. mca	Perda Conf. mca	de Conf. mca	Velocidade Conf. m/s	Conf. m/s
1	2-1	8,85	4,86	45,65	60,91	1,52	0,85	7,04	0,43
2	3-2	9,34	4,97	54,82	60,96	0,81	0,27	6,43	3,58
3	A-3	9,59	5,03	59,65	62,59	0,60	0,53	6,29	4,48
A	B-A	14,87	14,87	63,22	64,5	1,32	0,90	9,65	7,85
B	BOMBA-B 4-1	14,98	14,98	71,12	69,79	0,76	0,78	8,6	8,7
							2,16	-	3,16

A próxima análise foi feita modelando-se toda a área de projeto no EPANET e observando-se o comportamento das variáveis nesta situação. Foram considerados como operantes apenas os chuveiros da área de aplicação. Isto vem de encontro à realidade, dado que apenas uma pequena quantidade de chuveiros automáticos entrará em operação simultaneamente. A seguir é apresentada a configuração da área no EPANET, conforme a Figura 3. Os trechos, em vermelho, apresentam sua numeração ao seu lado e os nós, azuis, apresentam sua numeração junto dos mesmos.

Figura 3 – Representação da área de projeto no EPANET



A Tabela 5 apresenta os resultados de pressão obtidos para os chuveiros automáticos para a modelagem da configuração apresentada na Figura 3 e a Tabela 6 apresenta os resultados de velocidade e perda de carga para os trechos. A

CAPÍTULO 1

configuração modelada levou em consideração o dimensionamento hidráulico realizado e apresentado anteriormente.

Tabela 5 – Resultados da modelagem hidráulica para os nós (chuveiros automáticos)

Nó	Pressão mca	Nó	Pressão mca	Nó	Pressão mca
1	27,62	10	49,82	19	40,36
2	28,11	11	27,89	20	49,94
3	29,51	12	35,93	21	27,61
4	48,04	13	38	22	25,67
5	49,47	14	41,32	23	25,64
6	27,8	15	42,98	24	41,67
7	30,68	16	27,87	25	41,83
8	31,67	17	35,27		
9	48,61	18	37,21		

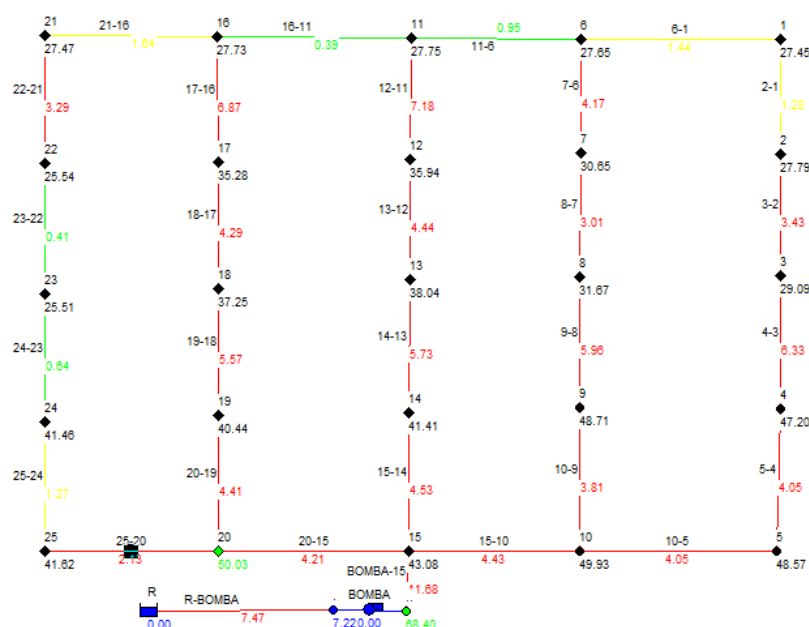
Tabela 6 - Resultados da modelagem hidráulica para os trechos

Trecho	Comprimento m	Diâmetro mm	Velocidade m/s	Perda de carga mca
7-6	6	40	4,08	0,48
8-7	6	60	2,97	0,17
2-1	6	40	1,57	0,08
3-2	6	60	3,56	0,23
10-5	6	100	2,33	0,06
BOMBA-15	15	100	11,69	1,16
R-BOMBA	2	125	7,48	0,39
6-1	6	75	1,36	0,03
4-3	15	60	6,47	0,70
9-8	15	60	5,92	0,60
10-9	6	75	3,79	0,20
5-4	6	75	4,14	0,24
11-6	6	75	0,9	0,01
12-11	6	40	7,1	1,34
15-14	6	75	4,5	0,28
14-13	6	60	5,69	0,55
13-12	6	60	4,41	0,34
15-10	6	100	4,46	0,19
20-15	6	100	4,2	0,17
20-19	6	75	4,39	0,26
19-18	6	60	5,53	0,53
18-17	6	60	4,26	0,32
17-16	6	40	6,79	1,23
16-11	6	75	0,41	0,00
21-16	6	75	1,64	0,04
22-21	6	40	3,3	0,32
23-22	6	60	0,41	0,00
24-23	1000	60	0,65	0,02
25-24	6	75	1,28	0,03
25-20	6	100	1,2	0,02

CAPÍTULO 1

Observa-se, pelos resultados obtidos, que as pressões alcançadas estão dentro do preconizado pela norma (mínimo de 5 mca) e superando-a, inclusive. Demonstrou-se, com o EPANET, que dimensionamento realizado por cálculo hidráulico está adequado e atende a rede proposta. A forma de apresentação dos resultados no EPANET está exemplificada pela Figura 4. Os campos apresentados nesta figura são de pressão, em mca, para os nós e velocidade, em m/s, para os trechos.

Figura 4 – Apresentação de resultados no EPANET



Como resultados são atualizados rapidamente a cada mudança das variáveis de entrada, foram feitas algumas mudanças e análises comparativas. A primeira mudança realizada foi a verificação do atendimento das pressões quando da mudança de alguns diâmetros do sistema. O uso de tubulações de menor DN significa redução de custos no projeto e é desejável. Dado que o dimensionamento hidráulico é realizado para redes abertas e o EPANET permite a modelagem de redes fechadas com facilidade, buscou-se avaliar a possibilidade de redução do diâmetro de alguns trechos devido à alimentação de água por ambos os sentidos do nó em rede fechada. Na nova configuração quatro trechos tiveram seus diâmetros reduzidos de 75 para 40 mm; cinco trechos de 60 para 50 mm; cinco trechos de 75 para 60 mm e quatro trechos de 100 para 75 mm. O atendimento das pressões nos nós continuou a ser satisfatório para esta nova configuração, que possui uma redução de custo em função da utilização de diâmetros menores.

CAPÍTULO 1

A segunda avaliação que foi realizada foi a redução da potência da bomba para 25 HP. Observa-se que a bomba de menor potência atende às pressões mínimas nos nós, o que pode representar uma redução de custos sem, no entanto, comprometimento do ponto de vista técnico. Através destas duas análises apresentadas pôde-se observar que o EPANET é uma ferramenta que permite ao projetista testar uma infinidade de combinações possíveis para as redes, desde modificações de traçado (quando possível), outras combinações de diâmetro e diversas potências de bombas.

DISCUSSÃO

Um Sistema de Chuveiros Automáticos é um sistema hidráulico complexo, composto de uma série de elementos, tais como, reservatório, canalizações, bombas, redes e chuveiros automáticos. Ele deve ser projetado de forma a funcionar adequadamente em caso de acionamento, entregando a vazão e pressão da água adequados, definidos por norma. O projetista deve considerar a relação de custo-benefício do sistema bem como o atendimento destas condicionantes hidráulicas em seu projeto.

Os cálculos das redes dos sistemas de chuveiros automáticos podem ser feitos de duas formas: cálculos hidráulicos e por tabela. Neste estudo foi proposto fazer um pré-dimensionamento de uma rede de chuveiros automáticos por cálculo hidráulico e seu posterior dimensionamento no programa de modelagem hidráulica EPANET. Com isto, objetivava-se verificar se o EPANET é uma ferramenta possível de ser utilizada pelo projetista de forma a auxiliar no projeto destas redes. Conclui-se que é possível utilizar o EPANET para modelagem de sistemas de chuveiros automáticos e que a utilização do mesmo auxilia o projetista a efetuar escolhas referentes ao projeto, bem como avaliar o atendimento de parâmetros (pressão, velocidade, vazão, ...) na rede.

O dimensionamento por cálculo hidráulico foi feito para uma área chamada de área de aplicação. Como segundo objetivo deste trabalho foi modelado toda a área de projeto, não apenas a área de aplicação, e avaliado como a mudança de parâmetros dimensionados via cálculo hidráulico interfeririam no atendimento dos parâmetros e condicionantes do sistema, principalmente as pressões nos chuveiros

CAPÍTULO 1

automáticos. As comparações foram feitas para duas situações: mudança de diâmetros em alguns trechos e mudança da potência da bomba. Em ambos os casos se verificou que seria possível optar-se por uma solução de menor custo sem prejuízo ao atendimento dos pré-requisitos técnicos.

O estudo mostrou que a utilização de modelagem hidráulica é uma boa ferramenta para o projetista. Em específico destaca-se a possibilidade de experimentar diferentes configurações de rede, de forma a analisar qual a melhor no quesito de atendimento aos parâmetros e que utilize os menores diâmetros e comprimentos de rede, tornando o projeto mais economicamente viável; testar diferentes bombas no sistema, com o mesmo intuito de verificar seu atendimento e o custo benefício; verificar o atendimento de todos os parâmetros do sistema, tendo mais confiabilidade em seu pleno funcionamento, entre outros. Como ponto fraco do estudo, cita-se o fato de o estudo ter sido feito para um caso simples, sem dispor de um projeto real, com dados mais acurados. Um sistema mais complexo permitiria explorar melhor as potencialidades do programa, testando mais possibilidades, com bombas de diversos fabricantes, configurações de rede e etc.

Ressalta-se, finalmente, que o EPANET é uma ferramenta de modelagem e não de otimização ou dimensionamento. O EPANET faz uso de dados que são inseridos pelo projetista. A análise crítica dos cenários deverá ser feita pelo mesmo. O programa não indica qual o melhor diâmetro de tubulação ou qual o traçado mais econômico da rede. Também não é possível inserir um banco de dados dos fabricantes para fazer correlação direta entre preços e características disponíveis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 2007. NBR 10.8974: Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos — Requisitos. São Paulo.

BRAATZ PREVENÇÃO. **Emprego de chuveiros automáticos - Um breve comparativo entre a LC nº 14.376/2013 e a legislação anterior.** Disponível em: <<http://braatzprevencao.blogspot.com.br/2014/05/emprego-de-chuveiros-automaticos-um.html>>. Acesso em: 21 set. 2014.

BRENTANO, TELMO. **Instalações hidráulicas de combate a incêndio nas edificações.** Porto Alegre: Edição do autor. 4ª edição, 2011.

CAPÍTULO 1

ISB – Instituto Sprinkler Brasil. **Estatísticas 2013 – anual**. Disponível em: <http://www.sprinklerbrasil.org.br/estatisticas/estatisticas-2013/>. Acesso em: 21 set. 2014.

HALL, John Jr. **US experience with sprinklers**. NATIONAL FIRE PROTECTION AGENCY (NFPA): junho, 2013. Disponível em: <http://www.nfpa.org/research/reports-and-statistics/fire-safety-equipment/us-experience-with-sprinklers>. Acesso em: 01 fev 2015.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E HIDRÁULICA EM SANEAMENTO (LEHNS). **Manual do usuário – EPANET 2.0 Brasil**. UFPB, Paraíba, 2009.

NATIONAL FIRE PROTECTION AGENCY (NFPA). 2007. NFPA 13: **Standart for the installation of sprinkler systems**. Estados Unidos.

NATIONAL FIRE SPRINKLER ASSOCIATION (NFSA). **FYI – Fire Sprinkler Facts**. Disponível em: < http://www.nfsa.tv/info_items/FAQ_Fire_Sprinkler.pdf >. Acesso em: 01 mar. 2015.

OWUSU-ANSAH, F. Hydraulic Modelling of Pressurized Irrigation Networks for Optimization in Design. Università degli studi di Firenze, Florença, Itália, 2011.

PEREIRA, A.G; ARAUJO, C.F. **Sistema de chuveiros automáticos**. Revista científica aprende: 4ª edição, 05/2011. Disponível em: <<http://revista.fundacaoaprender.org.br/index.php?id=141>>. Acesso em: 01 mar 2015.

ROTER, Jonas. **Chuveiros automáticos (sprinklers)**. ABNT: notícias e artigos técnicos. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/certificacao/nat/artigos-tecnicos/1470-artigo-sobre-chuveiros-automaticos-sprinklers>. Acesso em: 01 mar. 2015.

CAPÍTULO 2

Elaboração de Ferramenta para Medição de Criatividade para a Cultura Corporativa

Making a Creativity Measure Tool for Corporate Culture

Henrique Santos Ribeiro

*Departamento de Engenharia de Produção
Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.2



AYA EDITORA

CAPÍTULO 2

Resumo: Um levantamento teórico sobre o assunto da criatividade e a sua integração na cultura corporativa foi feito, com a finalidade de elaborar um questionário de criatividade utilizando a escala de Likert, aplicável em ambientes corporativos. Descobriu-se então, na aplicação do questionário em um pequeno grupo de pessoas, algumas qualidades criativas desse grupo e áreas que poderiam ser trabalhadas para desenvolvê-las.

Palavras-chave: criatividade. questionário. cultura corporativa.

Abstract: A theoretical approach to the creativity subject and its integration with the corporate culture was made, towards the elaboration of a corporate environment-applicable questionnaire using the Likert scale. In its application on a small group of people, some of their creative attributes and areas that could be developed were found.

Keywords: creativity. questionnaire. corporate culture.

INTRODUÇÃO

A criatividade é um motor propulsor da inovação. Entretanto, possui seu grau de conflito com o conceito de cultura corporativa. Enquanto a criatividade, conforme verificado adiante com maior rigor, relaciona-se diretamente com a quebra de paradigmas, padrões e convenções, a cultura corporativa incentiva a padronização de acordo com a experiência adquirida ao resolver problemas de adaptação externa e integração interna (SCHEIN, 1993). São, aparentemente, antagônicos.

Entretanto, segundo Figler (1995), o mundo corporativo passou a exigir um alto grau de adaptação, ou seja, a capacidade de transformar-se de acordo com as novas exigências. Neste trabalho, Figler (1995) demonstra que as mudanças nesse ambiente tenderam a ocorrer cada vez mais rápido e tornaram-se mais complexas, exigindo que a cultura corporativa deixasse de depender de métodos fixos para a resolução de problemas. Nesse ponto, a criatividade, as mudanças e a tomada de riscos tornariam-se essenciais para a nova cultura corporativa. Ackoff (1981) observa que um alto grau de criatividade nos prepara para elementos que não podemos controlar, diminuindo a necessidade de investir em recursos e energia para prever e controlar o incontrolável, em troca do aumento do foco em preparar-se para o inesperado.

O escopo deste trabalho limita-se em descobrir uma maneira de identificar tendências criativas no ambiente corporativo, por meio de um questionário

CAPÍTULO 2

contextualizado com a cultura corporativa. Levando em consideração que o cenário atual, segundo Hitt, Ireland e Hoskisson (2007), trouxe uma série de novas variáveis ao ambiente graças ao crescimento expressivo da globalização e da tecnologia, em especial fenômenos tecnológicos representativos na Indústria 4.0 como a Inteligência Artificial (COCKBURN; HENDERSON; STERN, 2018). Sendo assim, a necessidade já identificada por Figler em 1995 cresceu em proporções de difícil medição e, portanto, a criatividade já não parece mais uma antagonista à cultura corporativa e sim uma grande aliada.

EMBASAMENTO TEÓRICO

A criatividade é composta por cinco componentes (URBAN, 2011). São eles: 1. Pensamento divergente; 2. Conhecimentos gerais e habilidades de pensamento básicas; 3. Base de conhecimentos específicos e habilidades específicas; 4. Foco e capacidade de se esforçar; 5. Motivos e motivação; 6. Abertura e tolerância à ambiguidade.

Pensamento divergente

O pensamento divergente, segundo Lins, Miyata (2008), é uma teoria de Guilford (1957) que afirma que o ato de criar é resultado da busca por soluções não-direcionadas a uma resposta padrão, já que o pensamento não precisa ser conduzido a uma solução única. Guilford (1957) atribui à mente 120 fatores ou capacidades diferentes, dos quais 50 são conhecidos, e esses fatores são divididos em duas classes principais: as capacidades de memória e as capacidades de pensamentos. Essas capacidades de pensamentos são divididas em três categorias: as cognitivas, ou seja, o reconhecimento das informações; as produtivas, ou seja, o uso das informações; as avaliativas, ou seja, o julgamento do que é reconhecido ou produzido de acordo com a necessidade.

O pensamento divergente encontra-se como subcategoria da categoria “avaliativa” – o pensamento convergente é a capacidade de se mover de acordo com

CAPÍTULO 2

a resposta determinada ou convencional, seguindo um conjunto de regras; já o pensamento divergente, que retém a maior parte da criatividade da mente (GUILFORD, 1957), é a capacidade de se mover de acordo com problemas desconhecidos ou sem método definido de resolução.

Souza (2001) destacará a separação dos fatores de pensamento divergente de Guilford da seguinte maneira:

Tabela 1 – Pensamento divergente

Fator	Descrição
Fluência vocabular	Capacidade de produzir com rapidez palavras que preenchem exigências simbólicas especificadas.
Fluência ideativa	Capacidade de trazer uma variedade de ideias, sem restrições e medição de qualidade.
Flexibilidade semântica espontânea	Capacidade de produzir várias ideias espontaneamente.
Flexibilidade figurativa espontânea	Tendência a perceber rápidas alternâncias em figuras visuais.
Fluência associativa	Capacidade de produzir palavras numa zona restrita de significado.
Fluência expressionista	Capacidade de abandonar uma organização de linhas para perceber outra.
Originalidade	Capacidade de produzir respostas raras, inteligentes e remotamente associadas.
Elaboração	Capacidade de completar esboços com seus detalhes.
Redefinição simbólica	Capacidade de criar novas maneiras de utilizar determinados elementos, reorganizando-os de acordo com suas propriedades simbólicas.
Redefinição semântica	Capacidade de alterar a função de um objeto ou sua parte e utilizá-lo nessa nova função.
Sensibilidade a problemas	A capacidade de reconhecer que existe um problema.

Fonte: Adaptado de Souza (2001)

Conhecimentos gerais e habilidades de pensamento básicas

O conceito de “conhecimentos gerais”, segundo Stuart-Hamilton (2014), é ainda debatível. Em seu artigo, o mesmo explica que os conhecimentos gerais indicam o relacionamento do indivíduo com sua cultura local, ou seja, aquilo que é comum ao meio onde o indivíduo está inserido. Souza (2001) destaca os conhecimentos morais, culturais, genéricos como conhecimentos opostos aos específicos.

CAPÍTULO 2

Base de conhecimentos específicos e habilidades específicas

O conceito de “conhecimentos específicos” é definido como informação memorizada que pode levar a ações que permitem a conclusão de tarefas específicas, especializadas (TRICOT; SWELLER, 2013). O autor menciona o exemplo do Teorema de Pitágoras, onde o conhecimento específico não se trata apenas de memorização do teorema, mas a habilidade de utilizá-lo para resolver problemas onde ele se aplica. O conhecimento específico fica armazenado na memória de longo prazo.

Foco e capacidade de se esforçar

Encontram-se no domínio cognitivo da atenção. A atenção é a capacidade do indivíduo manter-se concentrado mentalmente em um determinado objeto através da seleção, organização e filtragem de informações. Pode ser concentrada, como numa sala de aula onde o professor deve ser o centro da atenção do aluno e devem ser ignorados estímulos sonoros e visuais irrelevantes para a aprendizagem, bem como pode ser dividida, como quando uma pessoa ouve música e trabalha simultaneamente (DALGARRONDO, 2008).

Existem três fatores de atuação da concentração:

- a) O fator fisiológico: as condições neurológicas e situação contextual do indivíduo;
- b) O fator motivacional: a forma como o estímulo se apresenta e desperta interesse;
- c) A concentração: determina a qualidade do foco, de acordo com o grau de solicitação e atuação do estímulo.

A atenção também é dividida por alguns autores como espontânea, onde há uma tendência natural de orientação da atividade psíquica para solicitações sensoriais e sensitivas sem intervenção da consciência, e ativa, onde exige-se esforço para orientar a atividade psíquica para aquele fim.

CAPÍTULO 2

Motivos e motivação

A motivação é um mecanismo capaz de desencadear processos criativos, encorajando pessoas a movimentarem-se em direção a objetivos propostos (SILVA; MADRUGA, 2007). As teorias de motivação, segundo Santos (2006), passaram a florescer na década de 50. São em grande parte fundamentadas na busca do prazer como finalidade de vida, bem como obtenção do máximo de resultados possível utilizando o mínimo de esforço. Pode-se afirmar que as teorias sobre motivação são divididas entre teorias de conteúdo, enfatizando os fatores que iniciam ou estimulam os comportamentos, e teorias de processo, que destacam fatores que iniciam comportamentos e que lhes dão direção.

Abertura e tolerância à ambiguidade

A tolerância a ambiguidade, segundo Frenkel-Brunswick (1949), é uma característica da personalidade que consiste em considerar a ambiguidade, ou também a multiplicidade e pluralidade de interpretação, como algo positivo, enriquecedor. Outros teóricos expandiram esse conceito para além da psicologia, como Theodor Adorno em áreas da ciência política ao desenvolver teorias sobre a “personalidade autoritária”, ou seja, a incapaz de tolerar ambiguidades (UNISINOS, 2019).

Objetos de estudo da criatividade

Urban (2011) divide os objetos de estudo da criatividade em cinco classes: 1. O problema a ser resolvido criativamente, autoexplicativo; 2. A pessoa criativa, ou seja, o sujeito portador de criatividade; 3. O processo criativo, ou seja, a maneira pela qual a criatividade se desenvolve na mente do sujeito criativo; 4. O produto criativo, ou seja, o que é gerado através da criatividade; 5. As condições do micro e macro ambiente, ou seja, o que o ambiente fornece para que a criatividade do indivíduo ou grupo seja desenvolvida.

CAPÍTULO 2

Urban (2011) também nos apresenta uma série de condições que despertam criatividade em crianças, podendo aproveitá-las na elaboração do questionário e de soluções que venham a suprir os resultados coletados:

Tabela 2 – Condições que despertam criatividade

Item	Condição
1	Mostrar apreciação por ideias e produtos criativos.
2	Tentar despertar a sensibilidade aos estímulos do ambiente.
3	Permitir erros, entretanto protegendo o indivíduo e os demais de danos físicos ou mentais.
4	Dar sugestões e exemplos de como obter ideias, questionando sistematicamente fatos e circunstâncias, examinando-os, analisando-os, mudando-os.
5	Apoiar jogos livres.
6	Desenvolver e mostrar tolerância e aceitação para pensamentos novos e possivelmente surpreendentes.
7	Tomar cuidado com o reforço rápido (ou precoce) de certos padrões rígidos.
8	Desenvolver uma atmosfera de grupo criativa.
9	Ensinar os indivíduos a terem, reconhecerem e apreciarem seus próprios pensamentos criativos.
10	Tentar apresentar sanções aos colegas que atrapalhem.
11	Apoiar aprendizagem auto-iniciada e ajudar o indivíduo a entender seu valor.
12	Criar ou provocar situações que encorajam a atividade ou requerem ação.
13	Garantir apropriada alteração entre períodos de atividade e períodos de lazer silencioso.
14	Prover material diverso e estimulante para o desenvolvimento e elaboração das ideias disponíveis.
15	Apoiar a total elaboração ou realização (em todas as suas implicações) de ideias.
16	Desenvolver e mostrar criticismo construtivo, não só criticismo.
17	Apoiar a percepção e aquisição de conhecimento em ampla gama de áreas distintas.
18	Apoiar manipulação “aventureira” de objetos e ideias (sem riscos danosos).

Fonte: Adaptado de Urban (2011)

São objetivos desse ambiente criativo, por meio das condições criadas:

Tabela 3 – Objetivos do ambiente criativo

Item	Condição
1	Desenvolver várias ideias.
2	Produzir ideias não-usuais e originais em torno de uma tarefa ou problema particular.
3	Libertar o indivíduo dos padrões estabelecidos.
4	Desenvolver várias estratégias e ideias diferentes e suas devidas aplicações.
5	Elaborar problemas e perguntas em termos trabalháveis e reorganizá-los conforme a necessidade.
6	Trabalhar a sensibilidade para fenômenos sutis ou até mesmo escondidos no ambiente, compreendendo a experiência em sua complexidade.
7	Nem sempre avaliar e julgar, mas às vezes suportar e tolerar a ambiguidade.
8	Planejar e tomar decisões.
9	Trabalhar independentemente, trabalhar seu ponto-de-vista e ser capaz de suportar críticas.
10	Defender a liberdade do estilo de aprendizagem e trabalho do indivíduo.
11	Desenvolver a vontade de tomar riscos (calculados).
12	Dizer “não” quando certas coisas são decididas apenas por ser o desejo de uma pessoa em específico.
13	Ter e demonstrar humor.

Fonte: Adaptado de Urban (2011)

CAPÍTULO 2

Diante dessas condições e desses objetivos, considera-se que a aplicação dessas técnicas foi eficaz para o desenvolvimento da criatividade quando percebe-se, no indivíduo:

- a) Uma constante curiosidade e uma habilidade especial em se fascinar;
- b) A persistência de perguntas que desenvolvem o tema, como por exemplo “Sim, mas...”, “E se?” ou “Por que?”;
- c) A obtenção de uma nova solução a um problema matemático;
- d) A invenção de novas regras para o jogo, piadas ou nomes fantásticos;
- e) A abundância e fluidez de ideias produzida linguisticamente, graficamente ou motoricamente;
- f) A habilidade de trabalhar em uma ampla variedade de situações improvisadas;
- g) O desenvolvimento de certos tipos de comportamentos inconformados, inclusive em áreas sociais;
- h) A capacidade de desenhar soluções livres do estereotípico.

ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Para a elaboração do questionário é necessário salientar que, não havendo fins de análise de comportamento individual mas apenas uma coleta de dados de grupo genérica e, sabendo do esforço necessário para empregar testes e avaliações psicológicas como o Verbaler Kreativitäts-Test (SCHOPPE, 1975), Berliner Intelligenzstruktur-Test (JÄGER; Süß; BEAUDUCEL, 1997), dentre tantos outros mencionados na obra de Urban (2011), optou-se pela elaboração de um questionário baseado no conteúdo teórico. A lei federal brasileira determina que, conforme disposto no Art. 13 da lei 4.119/62, o uso de testes psicológicos constitui função privativa do psicólogo, conforme exposto no endereço eletrônico do CRP-SP em 2020.

Sendo assim, optou-se pela não-aplicação de nenhum desses testes, elaborando-se então um questionário com o objetivo de realizar um recorte e compreender a multiplicidade de pessoas criativas num ambiente, a fim de modificar

CAPÍTULO 2

o ambiente com novas condições para que o mesmo seja capaz de desenvolver a criatividade de seus indivíduos.

Desejando compreender a pessoa criativa, foram elaboradas questões que têm como finalidade abordar a criatividade do indivíduo em todos os fatores de Guilford (1957): o pensamento divergente, os conhecimentos gerais e específicos, foco, motivação e tolerância a ambiguidade. Tratando-se de um questionário, foram obtidas como informação as respostas fornecidas pelo indivíduo, ou seja, sua auto-imagem, logo não houve abertura para contestar sua opinião sobre si mesmo, embora algumas ferramentas para combater vieses já catalogados pela literatura tenham sido empregadas.

A escala de Likert e os vieses

Para o formato das respostas, foi-se utilizada a Escala de Likert, uma escala de resposta psicométrica de uso comum (ALLEN; SEAMAN, 2007) em pesquisas de opinião, com leves alterações no modelo original para evitar o viés de centralidade.

O modelo consiste na elaboração de perguntas que podem ser respondidas da seguinte maneira: 1. Discordo totalmente; 2. Discordo parcialmente; 3. Não concordo nem discordo; 4. Concordo parcialmente; 5. Concordo totalmente (TROCHIM, 2006).

O viés de centralidade (GLEN, 2016) é um objeto de estudo que analisa a tendência dos candidatos a optarem sempre pela neutralidade. Nesse caso, trataria-se do “Não concordo nem discordo”.

Outro viés combatido no questionário foi o viés de aquiescência (KROSNICK, 1999): trata-se do viés que leva pessoas a responderem de maneira a agradar quem está questionando, ou também que traz o desconforto de pessoas que têm medo de que as respostas sejam usadas contra elas, em especial quando tiradas do contexto. Optou-se combater o viés de aquiescência, a princípio, por meio da não-possibilidade de identificar exatamente o indivíduo por meio do nome ou algum documento. Em seguida também pensou-se numa maneira de elaborar questões onde a opção “Concordo totalmente” não representa o aspecto positivo, que entra em convergência

CAPÍTULO 2

com dados que indicam, no embasamento teórico, que o indivíduo é criativo ou tem boa relação com objetos e ambientes criativos. Quem está sendo questionado nunca deve ter a impressão de estar “respondendo corretamente” o questionário, pois ele é um instrumento de medição de criatividade em um ambiente, não um instrumento de julgamento de personalidades individuais.

O questionário

Tabela 4 – Questões do questionário

Questão	Conceito abordado	Pontua se
1. Ver situações de injustiça social me gera incômodo.	Pensamento divergente – sensibilidade a problemas	Concordo
2. Me distraio com facilidade observando paisagens naturais ou artísticas.	Pensamento divergente – flexibilidade figurativa espontânea	Concordo
3. Preciso de momentos introspectivos para pensar em coisas aleatórias.	Pensamento divergente – fluência ideativa	Concordo
4. Aborreço-me quando preciso descobrir novas fontes de informação.	Pensamento divergente – originalidade	Discordo
5. Constantemente imagino um mundo diferente do que vivemos.	Pensamento divergente – redefinição simbólica	Concordo
6. Percebo com facilidade mudanças nas expressões das pessoas.	Pensamento divergente – sensibilidade a problemas	Concordo
7. Identifico problemas com muita facilidade.	Pensamento divergente – sensibilidade a problemas	Concordo
8. É mais importante saber como algo funciona do que como se usa.	Pensamento divergente – redefinição semântica	Concordo
9. Sinto-me mais confortável em seguir padrões estabelecidos.	Pensamento divergente – originalidade	Discordo
10. Quando decido uma solução para o problema, prefiro mantê-la até o final ao invés de desistir e pensar em outras alternativas.	Pensamento divergente – fluência expressionista	Discordo
11. Às vezes gasto horas entretido em meus hobbies, preciso me cuidar para não esquecer das minhas necessidades e obrigações.	Foco	Concordo
12. Disperso-me com facilidade em salas de aula, aulas EaD, lives, etc.	Foco – atenção concentrada	Discordo
13. Costumo encontrar soluções para problemas em momentos inusitados.	Pensamento divergente – fluência expressionista	Concordo
14. É melhor utilizar um objeto exatamente da maneira como ele foi feito para ser utilizado.	Pensamento divergente – redefinição semântica	Discordo
15. Pessoas que perguntam muitos “Por quês” são irritantes.	Tolerância a ambiguidade	Discordo
16. É importante ouvir quem tem opiniões e/ou um estilo de vida completamente diferente do meu.	Tolerância a ambiguidade	Concordo
17. Costumo terminar o que começo.	Motivação	Concordo
18. Sinto-me confortável recebendo críticas.	Tolerância a ambiguidade	Concordo
19. Diante da descrição de um problema, é comum eu imaginar o que não está sendo dito.	Pensamento divergente – elaboração	Concordo
20. Considero-me muito habilidoso em algo.	Conhecimentos específicos	Concordo
21. Às vezes encontro dificuldades em encontrar	Pensamento divergente – fluência	Discordo

CAPÍTULO 2

palavras para completar minhas ideias.	vocabular	
22. Não costumo fazer amizades com pessoas muito diferentes de mim.	Tolerância a ambiguidade	Discordo
23. Gosto de surpreender as pessoas.	Pensamento divergente – originalidade	Concordo
24. Diante de um problema, é melhor não correr risco de perder tempo pensando em possibilidades demais.	Pensamento divergente – fluência semântica espontânea	Discordo
25. Consigo perceber como meus comportamentos afetam as pessoas ao meu redor.	Pensamento divergente – redefinição simbólica	Concordo
26. Reajo rapidamente e bem diante de imprevistos.	Pensamento divergente – flexibilidade figurativa espontânea	Concordo
27. Consigo manter um alto grau de concentração em uma tarefa, mesmo que precise estar ouvindo música ou algum outro tipo de mídia para isso.	Foco – atenção dividida	Concordo
28. Gosto de inventar palavras para me expressar.	Pensamento divergente – fluência vocabular	Concordo
29. Tenho facilidade em imaginar a cena quando as pessoas estão me descrevendo algo.	Pensamento divergente – fluência associativa	Concordo
30. Conheço a história da cidade onde moro e/ou nasci.	Conhecimentos gerais	Concordo

Fonte: Autor.

RESULTADOS

Foram coletadas 72 respostas ao questionário em 30 horas. Na Figura 1, temos as informações coletadas sobre cada participante. O questionário foi distribuído em vários ambientes distintos, com escolaridades e faixas etárias variando do fundamental ao superior e dos 15 aos 59 anos, formado um ecossistema diversificado para análise. Na Figura 2, temos a legenda que é a mesma para todas as questões do questionário. Nas Figuras 3 e 4, então, temos gráficos em forma de pizza de respostas para cada pergunta do questionário.

Tabela 5 – Resultados

Tema	Resultado
Pensamento divergente – sensibilidade a problemas	Três questões foram levantadas. Na primeira, n.1, é unânime que todos se incomodam com a injustiça social; na segunda, n.6, temos também uma maioria de 84,7% que percebe mudanças em expressões faciais; na terceira, n.7, também contamos com uma maioria de 83,4%.
Pensamento divergente – flexibilidade figurativa espontânea	Duas questões foram levantadas. Na primeira, n.2, temos uma maioria de 86,1% que se distrai prestando atenção em paisagens. Na segunda, n.26, temos uma maioria já menos significativa de 70,8% que reage bem a imprevistos.
Pensamento divergente – fluência ideativa	A questão n.3 foi levantada e apresentou uma maioria de 82% que precisa de momentos introspectivos para pensar em algo

CAPÍTULO 2

	aleatório.
Pensamento divergente - originalidade	Três questões foram levantadas. A n.4 apresentou uma maioria de 77,8% que não se aborrece com facilidade ao buscar novas fontes de informação. A n.9 apresentou uma maioria equilibrada de 55,5% que não se sente mais confortável em usar padrões estabelecidos. A n.23 apresenta uma maioria de 83,4% que gosta de surpreender as pessoas.
Pensamento divergente – redefinição simbólica	Duas questões foram levantadas. A n.5 apresentou uma maioria de 83,3% de pessoas que imaginam um mundo diferente. A n.25 apresentou uma maioria de 79,1% de pessoas que percebem o impacto do seu comportamento no mundo.
Pensamento divergente – redefinição semântica	Duas questões foram levantadas. A n.8 apresentou uma maioria de 73,7% que prefere saber como algo funciona, a n.14 já apresenta uma minoria de 44,4% que é encorajada a novos usos para um objeto.
Pensamento divergente – fluência expressionista	Duas questões foram levantadas. A n.10 apresentou uma maioria de 54,1% que tende a buscar novas ideias para resolver problemas, enquanto a n.13 apresentou ampla maioria de 83,3% que costuma encontrar ideias em momentos inusitados.
Foco	Sobre foco, questão n.11, maioria de 69,4% se concentra totalmente em seus objetos de interesse. Sobre atenção concentrada, n.12, 72,2% se dispersa em suas obrigações. Sobre atenção dividida, n.27, 62,5% mantém alta concentração em uma tarefa dividindo-a com outros elementos.
Tolerância a ambiguidade	Quatro questões foram levantadas. 63,9% discordam que quem pergunta muito “por quê?” é irritante (n.15). 97,3% concorda com a importância de ouvir quem pensa diferente (n.16). 61,1% sentem-se confortáveis recebendo críticas, embora seja importante destacar que apenas 9,7% concordam totalmente com isso (n.18). 68% fazem amizades com pessoas muito diferentes de si (n.22).
Motivação	A questão n.17 foi levantada, trazendo uma maioria moderada de 68% de pessoas que concordam terminar tudo o que começam. Sobre elaboração, a questão n.19 foi levantada, trazendo 81,9% de participantes que imagina o que não está sendo dito.
Pensamento divergente – fluência vocabular	Duas questões foram levantadas. Apenas uma minoria de 23,7% não tem dificuldades em encontrar palavras para expressar suas ideias (n.21), enquanto uma maioria moderada de 61,1% inventa palavras para se expressar (n.28).
Pensamento divergente – fluência semântica espontânea	A questão n.24 foi levantada, trazendo uma maioria moderada de 55,6% de pessoas que prefere pensar em múltiplas possibilidades para resolver um problema.
Pensamento divergente – fluência associativa	A questão n.29 foi levantada, trazendo ampla maioria de 91,7% de pessoas que conseguem imaginar cenas conforme a descrição das pessoas.
Conhecimentos gerais	Uma maioria moderada de 56,9% conhece a história sobre a sua cidade (n.30), a questão utilizada para medir conhecimentos gerais.

Fonte: Autor.

CAPÍTULO 2

CONCLUSÃO

Concluimos que o grupo de pessoas analisado é: Sensível a problemas; Portador de uma flexibilidade figurativa espontânea desenvolvida, mas imperfeita; Suscetível a desenvolver fluência ideativa; Portador de originalidade, com pontos a serem melhor desenvolvidos. Um total de 45,5% tem tendência a seguir padrões pré-estabelecidos. Uma análise focada em originalidade poderia trazer resultados mais específicos; Capaz de redefinição simbólica; Possivelmente frágil em redefinição semântica, uma das duas perguntas trouxe resultados insatisfatórios; Portador de fluência expressionista, mas com pontos a serem desenvolvidos; Capaz de foco, mas com dificuldades naquilo que exige atenção concentrada; Tolerantes a ambiguidade, embora incertos em alguns pontos; Moderadamente motivados; Capazes de elaboração; Trouxeram certa preocupação com relação à fluência vocabular; Moderadamente capazes de fluência semântica espontânea; Muito capazes de fluência associativa; Moderadamente portadores de conhecimentos gerais.

O engajamento no questionário bem como a sua análise demonstra que são perguntas simples, respondidas por quaisquer faixas de idade e escolaridade, e trazem à luz necessidades e possibilidades sobre a criatividade na cultura corporativa que talvez sejam até corriqueiras, mas nunca foram cogitadas. Situações que nunca foram enxergadas como sinais de criatividade podem ser vistas a partir dessas questões e serem desenvolvidas como tal.

REFERÊNCIAS

ACKOFF, R. L. **Creating the Corporate Future: Plan or Be Planned for**. Wiley: Ed.1, 1981.

ALLEN, I.E. SEAMAN, C. A. Liker Scales and Data Analyses. **Quality Progress**, v. 40, n. 7, p. 64-65, 2007.

COCKBURN, I. M. HENDERSON, R. STERN, S. The Impact of Artificial Intelligence on Innovation. **National Bureau of Economic Research Working Paper**. Cambridge, n. 24449, 2018.

CRP-SP. **Parte I – Entendendo o Sistema Conselhos de Psicologia**. Disponível em: <http://www.crspsp.org.br/portal/comunicacao/manuais/manual_orientacoes/frames/fr_conteudo.aspx>. Acesso em: 22 set. 2020.

CAPÍTULO 2

DALGARRONDO, P. **Psicopatologia e semiologia dos transtornos mentais**. Porto Alegre: Artmed: Ed.2, 2008.

FIGLER, J. A. **Facilitating Creativity in Corporate Culture**. Boston, 129 p., 1995. Tese (Mestrado) – University of Massachusetts Boston.

FRENKEL-BRUNSWIK, E. Intolerance of ambiguity as an emotional and perceptual personality variable. **Journal of Personality**, Connecticut, v. 18, n. 1, p. 108-149, 1949.

GLEN, S. **Central Tendency Bias: Definition, Examples**. Disponível em: <[https://www.statisticshowto.com/central-tendency-bias/#:~:text=Central%20tendency%20bias%20\(sometimes%20called,1-3\)%20rated%20performances.>](https://www.statisticshowto.com/central-tendency-bias/#:~:text=Central%20tendency%20bias%20(sometimes%20called,1-3)%20rated%20performances.>). Acesso em: 23 set. 2020.

GUILFORD, J. P. Creativity. **The American Psychologist**, Washington, v. 5, n. 9, p. 444-454, 1950.

GUILFORD, J. P. Creative abilities in the arts. **Psychological Review**, Washington, v. 64, n. 2, p. 110-118, 1957.

HITT, M. A. IRELAND, R. D. HOSKISSON, R. E. **Strategic Management: Competitiveness and Globalization: Concepts and Cases**. South-Western College Pub: Ed.7, 2006.

JÄGER, A. O. Süß, H. M. BEAUDUCEL, A. **Berliner Intelligenzstruktur-Test**. Eidordnung, 1997.

KROSNICK, J. A. Survey Research. **Annual Review of Psychology**, v. 50, n. 1, p. 537-567, 1999.

LINS, M. J. S. MIYATA, E. S. Avaliando a aprendizagem de criatividade em uma oficina pedagógica. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, Rio de Janeiro, vol. 16, n. 60, p. 455-468, 2008.

SCHEIN, E. H. How Can Organizations Learn Faster? The Challenge of Entering the Green Room. **Magazine Winter 1993**. Boston, 1993.

SCHOPPE, K. J. **Verbaler Kreativitäts-Test: (V-K-T)**, ein Verfahren zur Erfassung verbal-produktiver Kreativitätsmerkmale. Göttingen: Ed.1, 1975.

SILVA, J. S. MADRUGA, L. R. R. Motivação e criatividade: a percepção dos técnico-administrativos do CCSH/UFSM. **Sociais e Humanas**, Santa Maria, v. 20, Ed.Especial, p. 23-40, 2007.

SOUZA, B. C. C. **Criatividade: uma arquitetura cognitiva**. Florianópolis, 134 p., 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

STUART-HAMILTON, I. **What constitutes general knowledge**. Disponível em: <<https://www.psychologytoday.com/intl/blog/the-gift-aging/201404/what-constitutes-general-knowledge>> Acesso em: 18 set. 2020.

TRICOT, A. SWELLER, J. Domain-Specific Knowledge and Why Teaching Generic Skills Does Not Work. **Educational Psychology Review**, v. 26, n. 1, 2013.

TROCHIM, W. M. K. **Research Methods Knowledge Base: Likert Scaling**. Disponível em: <<https://conjointly.com/kb/likert-scaling/>> Acesso em: 23 set. 2020.

CAPÍTULO 2

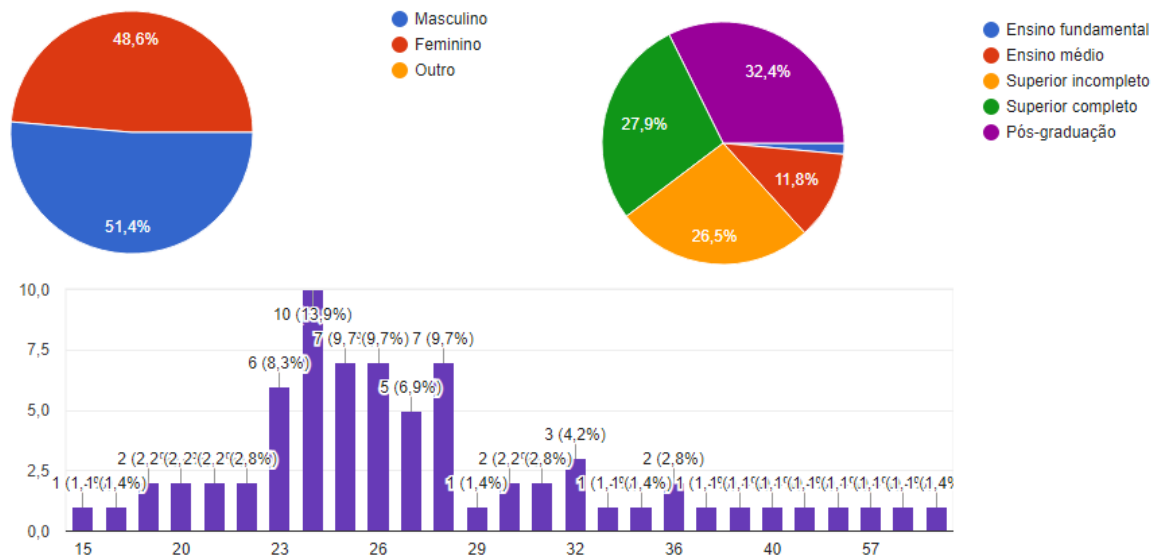
UNISINOS. **Ambiguidade, ou seja, multiplicidade de interpretações. Viva a incerteza!** Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/78-noticias/591375-ambiguidade-ou-seja-multiplicidade-de-interpretacao-viva-a-incerteza>>. Acesso em: 18 set. 2020.

URBAN, K. K. Möglichkeiten und Grenzen von Kreativitätsdiagnostik. **Karg-Hefte: Beiträge zur Begabtenförderung und Begabungsforschung**, Frankfurt, v.2, n.1, p. 18-28, 2011.

CAPÍTULO 2

ANEXO

Figura 1 – Coleta de dados dos entrevistados (Linha 1: Gênero, Escolaridade, Linha 2: Idade)



Fonte: Google Forms (2020)

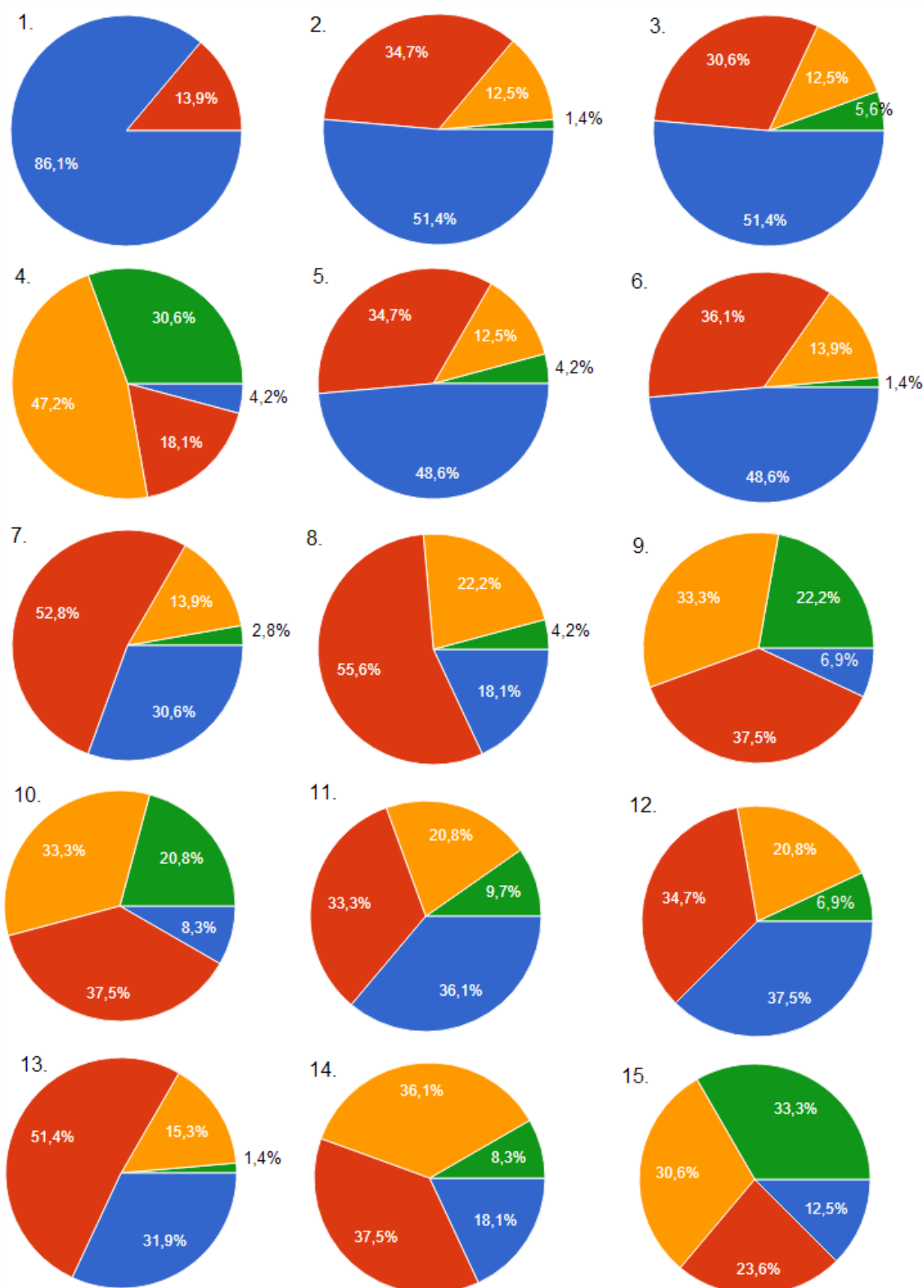
Figura 2 – Legenda

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

Fonte: Google Forms (2020)

CAPÍTULO 2

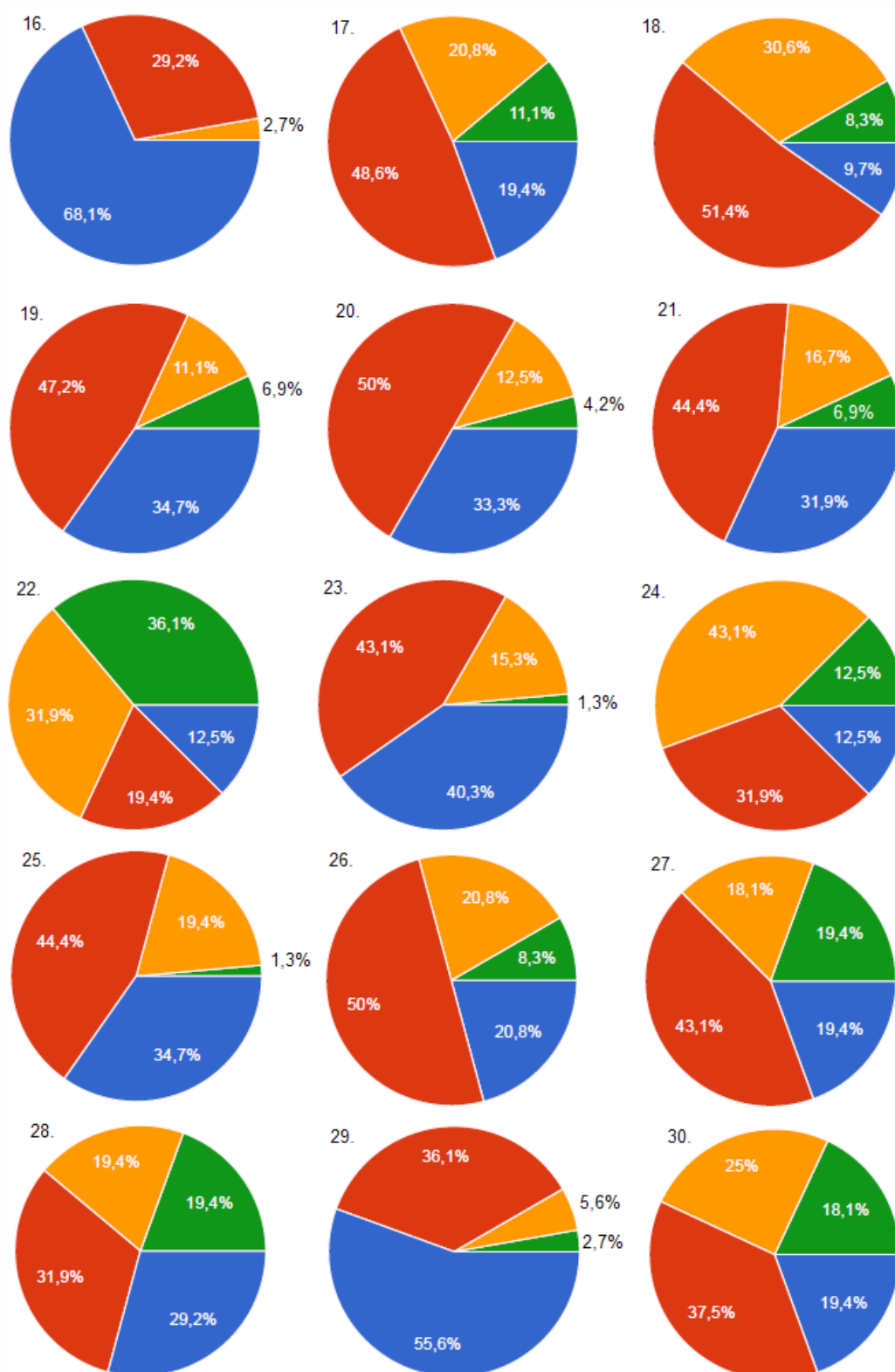
Figura 3 – Resultados 1-15



Fonte: Google Forms (2020)

CAPÍTULO 2

Figura 4 – Resultados 16-30



Fonte: Google Forms (2020)

CAPÍTULO

3

Perspectivas da soja brasileira no mercado internacional

Perspectives of the Brazilian soybean in the international market

Daniela Felix de Almeida¹

Claudio Luiz Rodrigues de Sá¹

Alexandre Machado^{1 2}

¹Universidade Católica de Santos

² FATEC Rubens Lara - Santos

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.3



AYA EDITORA

CAPÍTULO 3

Resumo: Com este estudo pretende-se mapear a importância da soja dentro da realidade brasileira. Entender seus derivados, utilização na indústria, relevância dentro da economia e compreender seu papel no desenvolvimento socioeconômico. Conhecer sua origem, principais problemáticas, como se dá a formação de preços e seu custo. Entender os principais locais de produção, áreas de vazão, países de destino, países produtores e exportadores, movimento de exportação e questões relacionadas a digitalização e legislação. Para seu desenvolvimento será utilizada como metodologia a pesquisa exploratória. A soja tem relevância na economia brasileira como fator de desenvolvimento socioeconômico. A adequação tecnológica de toda a cadeia - produção, logística e porto - será essencial para a sobrevivência a longo prazo dos negócios. Investimentos na infraestrutura portuária e logística também são primordiais para a redução dos custos, visto que a soja é uma commodity de baixo valor agregado e a otimização dos componentes do custo é fator essencial para a sua competitividade.

Palavras-chave: soja. digitalização. agronegócio. economia. legislação.

Abstract: The study aims to define the importance of soybeans within the Brazilian reality. It intends to understand soybeans' derivatives, application on industry, relevance in the economy and its paper on socioeconomic development. Also, it aims to know the origin in Brazilian lands, main problematics, how the prices are formed and cost composition. Other goal is to comprehend the main production fields, ports of loading, destination countries, producers and exporters countries, export movement and issues related to digitalization and legislation. For the development, it will be performed exploratory research. Soybeans have relevance in the Brazilian economy as a factor of socioeconomic development. The technological fit of all the chain – producers, logistic and port will be essential for the survival of the companies in the long term. Logistic and port infrastructure investments are primordial for cost reduction, once soybeans are commodities, with low added value and the optimization of cost component is crucial for competitiveness.

Keywords: Soybean. digitalization. agribusiness. economy. legislation.

INTRODUÇÃO

A soja é componente de variados produtos na forma de matéria-prima, é utilizada na alimentação humana e animal e quando submetida à processos industriais, é possível a obtenção dos seus subprodutos, com maior valor agregado, o óleo e o farelo.

Devido à grande quantidade de áreas cultiváveis, a soja esporta e se adaptou perfeitamente ao solo brasileiro. A produção ocorre nas cinco regiões, com maior concentração no Mato Grosso, Tocantins, Piauí e Bahia (MATOPIBA) e sul do Brasil. O escoamento atualmente ocorre através dos portos de norte a sul. Há grandes

CAPÍTULO 3

investimentos e expectativas voltados para o “Arco Norte” devido à possibilidade de diminuição de custos de frete marítimo, ocasionados pela menor distância entre a área de escoamento e os países de destino.

Exerce grande representatividade na economia e produto interno bruto brasileiro. É fator de desenvolvimento socioeconômico para as regiões produtoras e para toda a cadeia logística e portuária. É uma das principais commodities de exportação, fatores que motivaram a realização da pesquisa.

Com este artigo, pretende-se entender as perspectivas da soja na realidade brasileira: contextualizar, identificar os locais de produção, áreas de vazão, países de destino, países produtores e exportadores, dinâmica de exportação, entender questões relativas à legislação e digitalização.

A metodologia adotada foi a pesquisa exploratória, utilizando para tanto, a revisão bibliográfica, de artigos científicos, livros e informação de órgãos governamentais de referência nacional e internacional, conforme sugerido por Prodanov (2013, p. 54). Nesse modelo, busca-se proporcionar maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito ou construindo hipóteses sobre ele. (PRODANOV, 2013, p. 127)

CONTEXTUALIZANDO O COMMODITY SOJA

A soja possui vasta aplicabilidade na alimentação humana - é uma das commodities mais comercializadas e tem grande importância no mercado internacional. (CARDOSO *et al.*, 2014)

A expectativa de produção estimada da soja em 2020 é de 120.130.860 toneladas, atualizada em julho do mesmo ano, 5,9% maior que em 2019 (113.488.489). (IBGE, 2020)

É uma das principais fontes de recurso do agronegócio brasileiro e o crescimento da atividade reflete diretamente na expansão da atividade econômica, geração de emprego e renda, possibilitando crescimento e desenvolvimento para a economia brasileira. A partir da soja é possível obter o farelo e o óleo através da indústria de transformação, na atividade de esmagamento, envase e outras. Tal

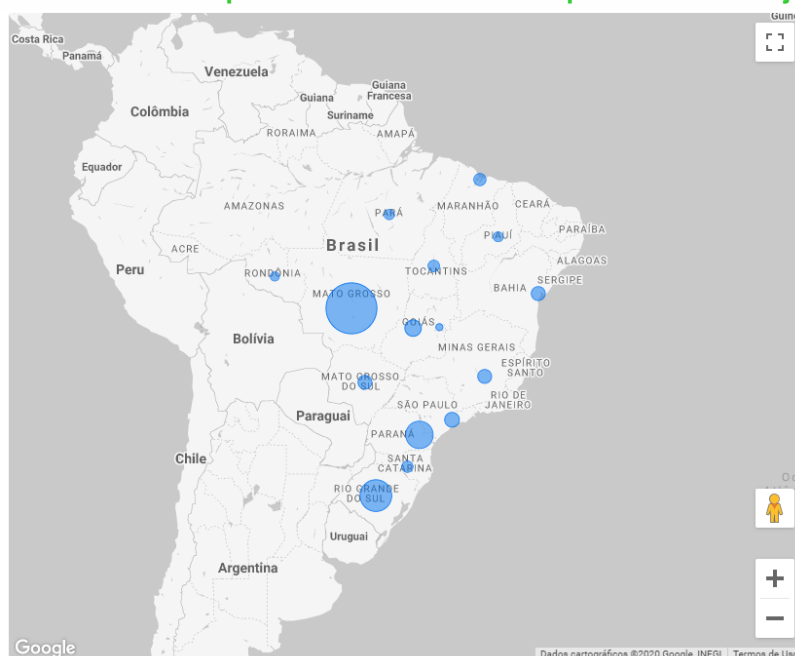
CAPÍTULO 3

processo agrega positivamente valor ao produto e garante geração de renda para os agentes envolvidos - agricultura, transporte, insumos e indústria de transformação -, aumentando também as receitas cambiais. (COSTA, 2005).

De origem chinesa, sua exploração iniciou-se no sul do país. Na década de 80 teve grande notoriedade e implementação nas áreas de Cerrado – especialmente no Brasil Central - devido ao desenvolvimento de cultivares adaptadas para o bioma. Avanços científicos e disponibilização de tecnologia ao setor produtivo impulsionaram seu crescimento. (FREITAS, 2011)

Principais locais de produção

Gráfico 1 – Principais estados brasileiros exportadores de soja



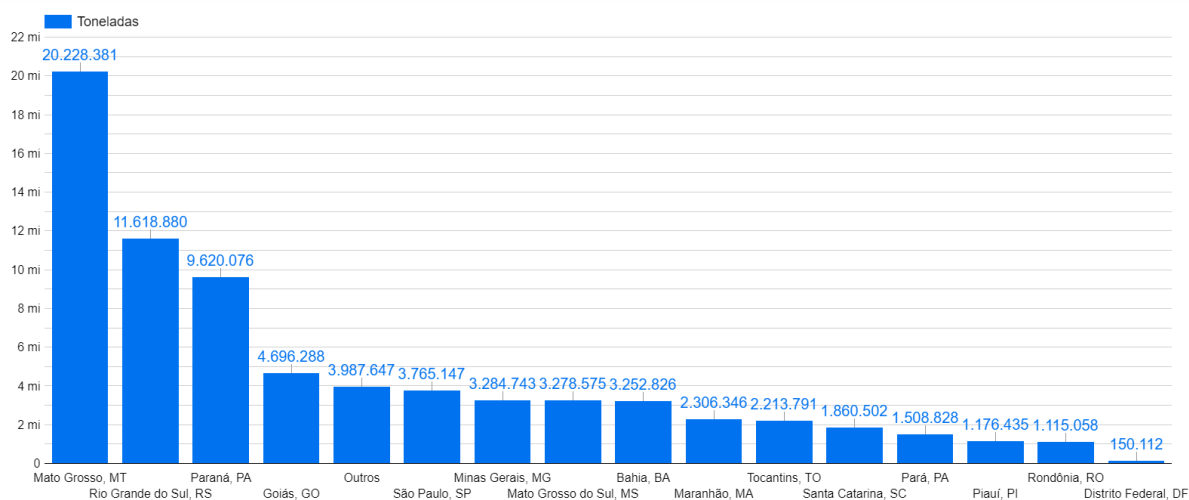
Fonte: Adaptado de USDA (2020)

Conforme gráficos 1 e 2, o Mato Grosso – MT (20,228,381 toneladas) foi o maior estado exportador de soja em 2019 (em toneladas), seguido pelo Rio Grande do Sul - RS (11,618,880), Paraná – PR (9,620,076), Goiás – GO (4,696,288), São Paulo – SP (3,765,147), Minas Gerais – MG (3,284,743), Mato Grosso do Sul – MS (3,278,575), Bahia – BA (3,252,826), Maranhão – MA (2,306,346), Tocantins – TO (2,213,791), Santa Catarina – SC (1,860,502), Pará – PA (1,508,828), Piauí – PI (1,176,435), Rondônia – RO (1,115,058) e Distrito Federal – DF (150,112). Em 2019,

CAPÍTULO 3

o Brasil exportou 74,063,633 toneladas de soja, 11% a menos que em 2018, (83,246,816 toneladas). (USDA, 2020)

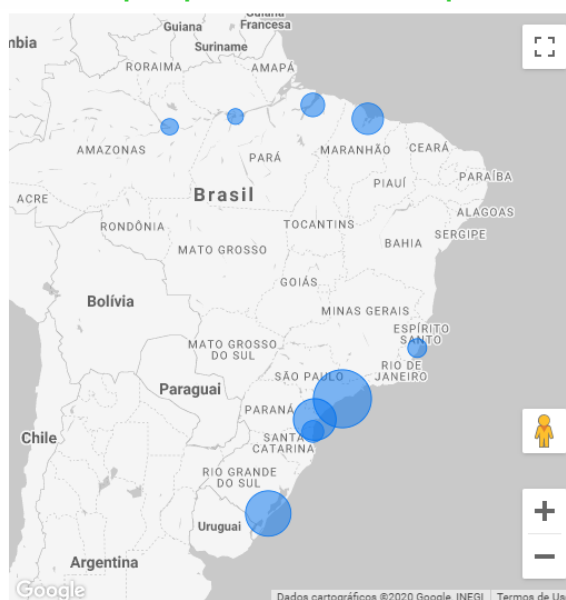
Gráfico 2 – Principais estados brasileiros exportadores de soja



Fonte: Adaptado de USDA (2020)

Principais áreas de vazão

Gráfico 3 – Principais portos brasileiros exportadores de soja

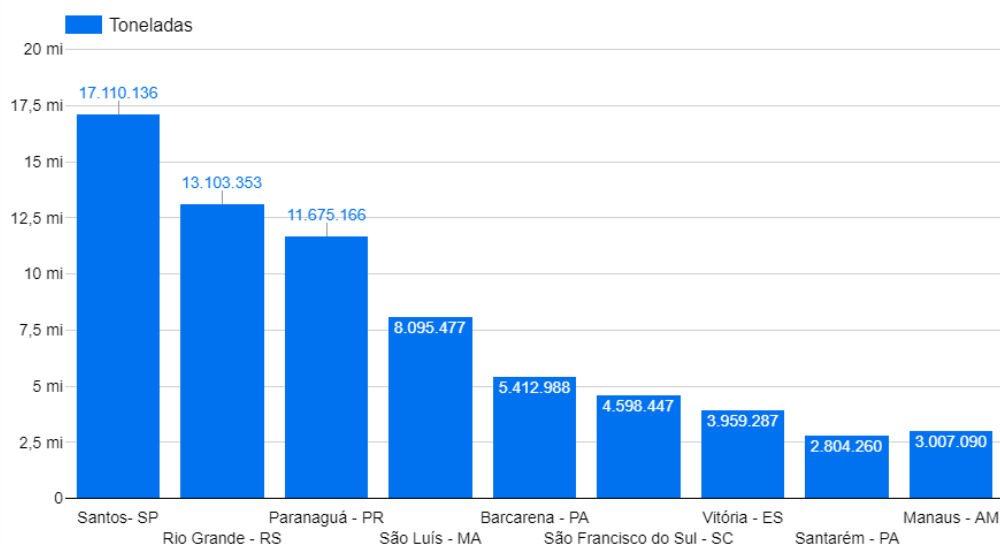


Fonte: Adaptado de ABIOVE (2020)

Os maiores portos exportadores de soja em grão em 2019 (toneladas) foram: Santos – SP (17,110,136), Rio Grande – RS (13,103,353), Paranaguá – PR (11,675,166), São Luís – MA (8.095.477), Barcarena – PA (5,412,988), São Francisco do Sul – SC (4,598,447), Vitória – ES (3,959,287), Santarém – PA (2,804,260) e Manaus – AM (3,007,090). (ABIOVE, 2020)

CAPÍTULO 3

Gráfico 4 – Principais portos brasileiros exportadores de soja



Fonte: Adaptado de ABIOVE (2020)

A maior concentração da exportação de soja atualmente ocorre no arco sul (51,474,470 Arco Sul x 22,563,863 Arco Norte). Santos é o porto com maior volume embarcado. (ABIOVE, 2020)

O volume embarcado no arco norte está crescendo anualmente. (ABIOVE, 2020)

Tabela 1 –Volume de soja exportado em 2019

Arcos	Toneladas	%
Arco Sul	51.474.470	69,52
Arco Norte	22.563.863	30,48

Fonte: Adaptado de ABIOVE (2020)

Principais países produtores e exportadores

Desde 2013 o Brasil é considerado o maior exportador de soja no mundo, seguido pelos Estados Unidos, Argentina, Paraguai e Canadá. (USDA, 2020)

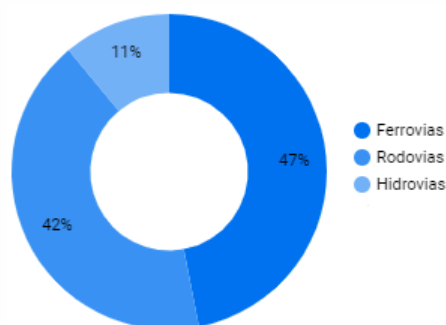
CAPÍTULO 3

Principais países de destino

A China é responsável pela importação de mais de metade da soja mundial. Os principais países-destino da soja brasileira atualmente são China, Espanha, Holanda, Tailândia e Irã. (USDA, 2020)

MODAL E MOVIMENTO DA EXPORTAÇÃO DA SOJA BRASILEIRA

Gráfico 5 – Matriz de transporte para a chegada de grãos nos portos

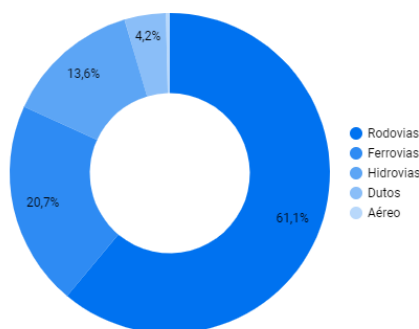


Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2015)

A matriz de transporte é distribuída para a chegada dos grãos nos portos, em toneladas: ferrovias (47%), rodovias (42%) e hidrovias (11%), movimento que contrasta com a matriz de transporte brasileira no mesmo período: rodovias (61,1%), ferrovias (21,7%), hidrovias (13,6%), dutos (4,2%) e aéreo (0,4%). Conclui-se que as regiões tradicionais possuem rotas bem definidas, enquanto as regiões que se desenvolveram no cultivo da soja após 1970 não possuem opções consolidadas de modais. (EMBRAPA, 2015)

CAPÍTULO 3

Gráfico 6 – Matriz de transporte brasileira



Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2015)

A colheita no Brasil é realizada no primeiro semestre do ano – enquanto os Estados Unidos colhem no segundo semestre. No primeiro semestre ocorre também o escoamento da safra brasileira, impulsionado pela demanda do mercado e preço. A concentração de grandes volumes a serem transportados dependem de estrutura logística adequada. (OJIMA; ROCHA, 2005)

Os executivos da cadeia de produção da soja elaboram tanto estratégias comerciais quanto administram a sazonalidade da mercadoria – que ocorre de março a maio e, em alguns anos, junho e julho. O escoamento em grande escala da soja em grão e farelo ocasionam um pico na demanda por frete rodoviário, ocasionando um aumento de preços que em efeito dominó também refletem nos fretes ferroviários e hidroviários. Este movimento de concentração ocasiona dependência de boa estrutura logística no país. (IEA, 2006) Tais gargalos logísticos brasileiros demonstram a necessidade de equilibrar a matriz de transportes através das ferrovias, hidrovias e cabotagem, visto que atualmente o país tem como principal modal o rodoviário. Devido ao baixo-médio valor agregado das commodities é fundamental a otimização dos custos de transporte, em específico o frete, para minimizar o impacto no preço final do produto. (SILVA; SILVA JÚNIOR, 2019)

O Brasil é um dos mais importantes concorrentes dos Estados Unidos no mercado de oleaginosas. A competitividade brasileira depende da infraestrutura de transporte, custos de produção e transporte, melhorias nas áreas de plantio e produtividade. Ambos os países possuem os mesmos métodos de produção e tecnologias, o que caracteriza suas sojas como produtos substitutos um do outro. Os Estados Unidos levam vantagem em custos de transporte e melhorias na infraestrutura, mas o Brasil tem aumentado suas melhorias em custo. (USDA, 2020)

CAPÍTULO 3

Em relação a estrutura de modais, as ferrovias e hidrovias são vistas como mais eficientes para escoamento da soja devido ao transporte em larga escala em distâncias mais longas, possibilitam economia de custos e redução das perdas. O modal rodoviário deveria ser utilizado com menor intensidade. A deficiência em transporte impacta toda a cadeia produtiva através de aumento nos custos. Há também deficiência em armazenagem, que não comporta toda a produção e gera a necessidade de comercialização do produto durante a safra e aumenta a demanda logística e portuária, ocasionando também o aumento dos custos do transporte marítimo. O Custo Brasil em decorrência do estado de conservação das principais rodovias, alta carga tributária que onera indústrias esmagadoras, aumento nos insumos, onerosa política tributária é visto como principal entrave, em contrapartida ao potencial e riqueza de recursos no Brasil. (COSTA, 2005).

Custos médios e formação de preços

A cotação da soja na Bolsa de Mercadorias de Chicago (*Chicago Board of Trade – CBOT*) dita as tendências de mercado. O preço da mercadoria no Brasil é impactado pelo mercado internacional – que varia conforme relação de oferta e demanda – e pela variação cambial. (COSTA, 2005) Para formar o preço da soja por região, é necessário deduzir custos de transporte, portuários, armazenamento, impostos e outros. (MORAES, 2002)

O preço mínimo da soja é anualmente fixado pelo governo brasileiro. Serve de base para agricultores requisitarem crédito junto ao Banco do Brasil, com taxas de juros baixas, em detrimento de sua área de produção e expectativa de rendimento médio. É composto pelo preço de exportação americano com dedução das taxas do porto de embarque até o agricultor, depende da produção americana e das variações do mercado internacional. O preço internacional é influenciado pela produção americana e reação dos produtores brasileiros e argentinos. (PIROLLA; BENTO, 2008)

Dentre os custos na cadeia da soja podemos elencar, conforme a APROSOJA (2020), a participação das sementes (10%), fertilizantes (26%) e agrotóxicos (21%), em relação à safra 2019/20 x custos na lavoura. Nesta mesma safra, o custo da

CAPÍTULO 3

lavoura da soja em reais por hectares foi de R\$ 2.788,04. Em apresentação no SP Grain Forum, o consultor e presidente da Comissão de Logística da Confederação da Agricultura e Agropecuária do Brasil (CNA), Luiz Antônio Fayet mostrou dados de 2017, comparando o custo de exportação de uma tonelada de soja no Brasil: US\$83 por tonelada, Estados Unidos US\$23 e Argentina US\$40. (REVISTA GLOBO RURAL, 2019).

Principais empresas exportadoras

Dentre as principais empresas exportadoras de soja do Brasil, podemos elencar: Cargill, Bunge, ADM, Louis Dreyfus, Amaggi, Gaviolon, Cofco, Glencore, Coamo e Engelhart Commodities.

QUESTÕES RELATIVAS À DIGITALIZAÇÃO E LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL E NACIONAL

A digitalização está tomando espaço nos negócios. Em 2020, a Bunge lançou o aplicativo Vector para contratação de fretes rodoviários digitalmente, que possibilita redução de custos e elimina intermediários.

Em 2018, a Louis Dreyfus em conjunto com a Shandong Bohi Industry Co., Ltd (Bohi), ING, Societe Generale e ABN Amro completaram a primeira transação agrícola via processo de *Blockchain* dos Estados Unidos para a China – que envolveu aspectos financeiros, contratuais e logísticos. Apesar de ser um sistema seguro e que traz eficiência, com redução de custos e tempo, ainda há um longo caminho a ser estudado para que haja aplicação em toda a cadeia, devido a necessidade de garantir a segurança do processo e adaptabilidade aos sistemas legais e aduanas ao redor do mundo. (LOUIS DREYFUS, 2018)

Na agricultura, a Internet das Coisas possibilita a utilização de sensores para medir temperatura, pressão, Dióxido de Carbono (CO₂), nível da água, qualidade do solo, umidade do ar, luz e PH por exemplo e a unificação da comunicação de

CAPÍTULO 3

diferentes tecnologias. Sistemas em nuvem e de mineração de dados permitem descoberta de padrões. Protocolo IP e dispositivos incorporados podem criar um sistema que permita a comunicação entre o ambiente real e o virtual. Inovações podem contribuir para a otimização da produção e qualidade da colheita, assim como uso dos recursos naturais. Na agricultura de precisão os sensores otimizam o processo de tomada de decisão. (TANWAR *et al.*, 2020)

Blockchain: registros compartilhados com transações digitais e interconectadas, permitindo o mapeamento do histórico. Cada dado é encriptado para garantir mais segurança. É imutável, os dados não podem ser alterados. É transparente, todos os participantes possuem acesso a mesma versão. (IBM, 2018). *Smart Contracts*: Linhas de código armazenados em um blockchain que são automaticamente executadas quando termos e condições pré-determinados são encontrados; elimina intermediários (IBM, 2018). Conforme Alexandre Machado (MACHADO, 2020), a abertura para o Blockchain aparece na Portaria nº 879, de 05/2020 - "o órgão ou entidade solicitante deverá adotar o mecanismo de compartilhamento de dados por meio de rede permissionada *Blockchain...*". Outro documento que demonstra o processo de aceitação jurídica do Blockchain e novas tecnologias é a Portaria nº 2246, de 12/2019, nos Anexos I e III. (MACHADO, 2020). No Anexo I, pretende-se utilizar a tecnologia na forma de compartilhamento de dados, incluindo negociais e no anexo III, viabilizar recursos e otimizar sua aplicação para suprir as necessidades de infraestrutura e tecnologia e compartilhamento de dados, inclusive negociais, por redes *Blockchain*. Pretende-se criar plataforma colaborativa para distribuição de dados entre órgãos e entidades respeitando-se o modelo federativo de titularidade de cada base de dados e unidades de negócio, com baixo custo de manutenção e segurança, assim como utilizar a rede Blockchain para gerenciar e compartilhar a autorização dos cidadãos ao acesso às suas informações visando adequação à Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais. (BRASIL, 2019).

Conforme a Instrução Normativa Nº 39, DE 27 de novembro de 2017, do Ministério da Agricultura, Agropecuária e Abastecimento (MAPA), para a exportação da soja é exigido o Laudo das Análises das Condições da Soja em Grãos e, na sequência o Certificado Fitossanitário. A declaração adicional deverá ser devidamente preenchida, conforme país de destino. Documentação exigida: Declaração Agropecuária de Trânsito Internacional – DAT, Certificado Sanitário, Documentação

CAPÍTULO 3

Aduaneira da Mercadoria (RE), cópia da nota fiscal ou da fatura (invoice) e cópia do conhecimento de carga. O Ministério da Agricultura, Agropecuária e Abastecimento, responsável pelo controle e fiscalização, verificará: condições de acondicionamento, armazenagem, identificação do produto por ocasião do embarque da mercadoria. Ao final da inspeção, a documentação emitida é: parecer da fiscalização em sistema automatizado e Notificação Federal Agropecuária, quando couber. Legislação e atos normativos relacionados: Lei nº 9.972, de 25 de maio de 2000; Decreto nº 6.268, de 22 de novembro de 2007; Instrução Normativa SDA/MAPA nº 66, de 11 de setembro de 2003; Instrução Normativa MAPA nº 15, de 9 de junho de 2004; Instrução Normativa MAPA nº 3, de 28 de janeiro de 2009; Instrução Normativa MAPA nº 11, de 22 de março de 2010; Resolução CAMEX nº 29, de 24 de março de 2016; Regulamentos Técnicos que aprovam os Padrões Oficiais de Classificação de Produtos Vegetais. (BRASIL, 2017)

Com o advento da Lei Kandir em 1996, os produtos com valor agregado perdem a vantagem competitiva se voltados para a exportação, em comparação com a soja em grão. Tal fator ocorre, pois, conforme Senado Notícias (2020), a lei consiste na isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços e como um dos itens beneficiados encontra-se envio de produtos primários ao exterior e industrializados semielaborados Segundo Santos e Abrita (2014), notou-se que após 1996 a exportação de soja em grão teve um aumento superior ao de farelo e óleo. O comércio de soja em grão ao exterior variou de 11% no primeiro período (anterior a 1996) a 26% no segundo período da análise (pós 1996). O farelo apresentou 31% no primeiro período e 25% no segundo e o óleo de soja de 22% no primeiro período a 21% no segundo. Nesse sentido, como possíveis motivos elencados, enquadram-se os efeitos da Lei Kandir e a parceria comercial com a China que tem preferência pelo produto de baixo valor agregado, e que pratica escalada tarifária, taxando menos os produtos de baixo valor agregado, se comparado aos derivados da soja, com agregação de valor.

CAPÍTULO 3

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A soja tem origem chinesa e sua exploração se iniciou na região sul do Brasil. Com forte adaptação ao solo brasileiro, a partir da década de 80, houve implantação nas áreas de Cerrado, especialmente no Brasil Central. Houve forte desenvolvimento das regiões produtoras. A mercadoria é utilizada na alimentação humana, animal em forma de seus subprodutos, obtido através do processo industrial, o óleo e o farelo. É uma das principais commodities de exportação, fonte de comércio na logística e permite o crescimento econômico das regiões produtoras, assim como desenvolvimento econômico e melhoria na qualidade de vida de toda a cadeia, desde a produção até a logística e envolvidos na exportação.

Os principais estados exportadores brasileiros são: Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Bahia, Maranhão, Tocantins, Santa Catarina, Pará, Piauí Rondônia e Distrito Federal. Os principais portos de escoamento da soja brasileira são Santos, Rio Grande, Paranaguá, São Luís, Barcarena, São Francisco do Sul, Vitória, Santarém e Manaus. Há expectativa de desenvolvimento, investimento e aumento dos embarques pelo arco norte devido a distância mais curta para trajetos marítimos em relação aos principais destinos da mercadoria. Dentre os principais destinos da soja em grão estão a China, Espanha, Holanda, Tailândia e Irã. Os principais países exportadores da soja são Brasil, Estados Unidos, Argentina, Paraguai e Canadá. As principais empresas exportadoras de soja do Brasil são a Cargill, Bunge, ADM, Louis Dreyfus, Amaggi, Gaviola, Cofco, Glencore, Coamo e Engelhart Commodities.

Dentre os modais utilizados na logística estão o ferroviário, hidroviário e rodoviário. O escoamento da safra ocorre no primeiro semestre de cada ano e ocasiona um pico na demanda de transporte, fator que impulsiona a necessidade de investimentos na infraestrutura logística e portuária, assim como o fator custo – que reflete na competitividade do produto, visto que a soja é uma mercadoria de baixo valor agregado. O Brasil é um país com forte utilização do modal rodoviário e são necessários investimentos nas alternativas de transporte para possibilitar a otimização dos custos totais. Na região sul-sudeste, o modal ferroviário é muito utilizado como alternativa, enquanto nos portos do arco norte o modal rodoviário ainda é

CAPÍTULO 3

predominante para a entrega da soja nas hidrovias e regiões portuárias. A formação de preços em geral ocorre na Bolsa de Mercadorias de Chicago (oferta e demanda), com dedução dos custos logísticos e portuários. A soja tem forte relevância na balança comercial brasileira e é um dos principais produtos de exportação, gera cadeia sólida e organizada e tem perspectivas futuras com potencial de crescimento. No Brasil, para a exportação da soja é necessário o Laudo das Análises das Condições da Soja em Grãos e o Certificado Fitossanitário. O órgão responsável pelo controle e fiscalização é o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

A digitalização apresenta alternativas de melhoria produtiva e otimização para os processos, se mostrando com fator de competitividade para aqueles que souberem aplicá-la. Na agricultura, a tecnologia permite a utilização de maquinários agrícolas mais modernos, big data para análises mais apuradas e ágeis, inovação nos processos por visão computacional e *machine learning neural*, a Internet das Coisas possibilita a utilização de sensores capazes de medir temperatura, umidade, pressão e outros indicadores e para unificar diferentes tecnologias, sistemas de mineração de dados e em nuvem podem auxiliar na descoberta de padrões. Com a tecnologia do Protocolo IP e dispositivos incorporados é possível desenvolver um sistema para a comunicação entre o ambiente real e o virtual. A tecnologia tem papel primordial para a tomada de decisão e cada vez mais esse fator terá maior relevância, devido a necessidade de economia de recursos. (TANWAR *et al.*, 2020) O *blockchain* permite maior segurança jurídica ao interligar a cadeia logística e sua tecnologia é aplicada nos *Smart Contracts* (contratos inteligentes), que permitem a realização de contratos pela internet sem a necessidade de um intermediário, com assinatura de contrato digital. Em relação ao Blockchain, há abertura para utilização nacional na Portaria nº 879, de 05/2020 e Portaria nº 2246, de 12/2019, nos Anexos I e III, conforme indicação do autor Alexandre Machado (MACHADO, 2020).

CAPÍTULO 3

REFERÊNCIAS

ABIOVE. **Cadeia Produtiva**. Disponível em: <https://abiove.org.br/cadeia-produtiva/>>. Acesso em: 04 jul. 2020.

ABIOVE. **Exportação**. Disponível em: https://abiove.org.br/wp-content/uploads/2019/07/Abiove_Exporta%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 04 jul. 2020.

ABIOVE. **Relatório de Exportações - Complexo Soja e Milho**: junho/2020. Disponível em: <https://abiove.org.br/estatisticas/>. Acesso em: 04 jul. 2020.

APROSOJA. **Custos da Produção de Soja**. Disponível em: <https://aprosojabrasil.com.br/estatisticas-da-soja/custos-de-producao/>. Acesso em: 04 jul. 2020.

BRASIL. **Instrução Normativa DAS MAPA Nº 39 de 27 11 2017**. Brasília, DF, 2017: Ministério da Agricultura, Agropecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/produtos-veterinarios/legislacao-1/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-sda-mapa-no-39-de-27-11-2017.pdf/view>. Acesso em: 04 jul. 2020.

BRASIL. **Portaria RFB Nº 2246, de 26 de dezembro de 2019**: Anexos I e III. Brasília, DF, 2019: Receita Federal do Brasil. Disponível em: <http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?visao=anotado&idAto=105880#:~:text=RFB%20N%C2%BA%202246%20%2D%202019&text=Altera%20a%20Portaria%20RFB%20n%C2%BA,per%C3%ADodo%20de%202016%20a%202019>. Acesso em: 04 jul. 2020.

CARDOSO, B. F.; GALANTE, V. A.; SCHNEIDER, M. B. **Barreiras Comerciais no Comércio Internacional**: O Caso da Soja no Brasil. 2014. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2014. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17553/material/3.1%20ARTIGO%20-%20Barreiras%20Comerciais%20no%20Com%C3%A9rcio%20Internacional%20-%20o%20caso%20da%20soja%20no%20Brasil.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2020.

COSTA, N. L. **Complexo Soja**: Sua Importância Para o Agronegócio, a Balança Comercial e a Economia Brasileira. 2005. Monografia (Especialização em Comércio Exterior) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Frederico Westphalen, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Nilson_Costa3/publication/328266288_complexo_soja_sua_importancia_para_o_agronegocio_a_balanca_comercial_e_a_economia_brasileira/links/5bc21b0b458515a7a9e723b9/complexo-soja-sua-importancia-para-o-agronegocio-a-balanca-comercial-e-a-economia-brasileira.pdf. Acesso em: 04 jul. 2020.

DA SILVA, O. C. **Análise da competitividade do complexo soja brasileira perante o comércio internacional**. 2005. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico Profissionalizante) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível em: <http://www.economia.ufpr.br/Teses%20Doutorado/Oscar%20Custel%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2020.

CAPÍTULO 3

EMBRAPA. **Atualidades e Perspectivas dos Portos do Arco Norte**. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355154/32186845/Estudo5-atualidades+e+perspectivas_web.pdf/1011d919-0960-504a-5aab-a00c55099ef8. Acesso em: 04 jul. 2020.

EMBRAPA. **Caminhos da Safra da Produção e Exportação de Grãos**. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355154/32186845/Estudo10-caminhos+da+safa-ppt_web.pdf/fcd34cc8-013b-bd2f-ec59-c8b06c51a88c. Acesso em: 04 jul. 2020.

EMBRAPA. **Sobre o Matopiba**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-matopiba/sobre-o-tema>. Acesso em: 04 jul. 2020.

FREITAS, M. C. P. **A Cultura da Soja no Brasil: O Crescimento da Produção Brasileira e o Surgimento de uma Nova Fronteira Agrícola**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer.Goiânia,2011.Disponívelem:<https://www.semanticscholar.org/paper/a-cultura-da-soja-no-brasil%3a-o-crescimento-da-e-o-campos-freitas/16ef4f19df74db7dc29b4f26a35f54d7e555e708>. acesso em: 04 jul. 2020.

IBGE. **Tabela 4 - Produção de Cereais, Leguminosas e Oleaginosas - Comparação Entre as Safras 2019 e 2020 - Brasil e Grandes Regiões**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>. Acesso em: 04 jul. 2020.

IBM. GOPIE, Nigel. **What are smart contracts on blockchain**. 2018. <https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2018/07/what-are-smart-contracts-on-blockchain/>. Acesso em: 04 jul. 2020.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. **Impactos da sazonalidade na safra da soja**. 2006. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=4779>. Acesso em: 04 jul. 2020.

LOUIS DREYFUS. **Blockchain: Buzzword or the future?** Disponível em: <https://www ldc.com/stories-insights/blockchain-buzzword-or-the-future-of-commodities-transactions/>. Acesso em: 04 jul. 2020.

MACHADO, Alexandre. Alexandre Machado: A Digitalização e o Blockchain no Comércio Global. **A Tribuna**. Santos. 2020. Disponível em: <https://www.atribuna.com.br/noticias/portoemar/alexandre-machado-a-digitaliza%C3%A7%C3%A3o-e-o-blockchain-no-com%C3%A9rcio-global-1.105374>. Acesso em: 04 jul. 2020.

MORAES, MAURICIO DE. **Prêmio de exportação da soja brasileira**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-26022003-141201/pt-br.php>. Acesso em: 04 jul. 2020.

OJIMA, A. L. R. O. O.; ROCHA, M. B.; **Desempenho logístico e inserção econômica do agronegócio da soja**: as transformações no escoamento da safra. *In*: XLIII Congresso Da Sociedade Brasileira De Economia E Sociologia Rural. 2005. Ribeirão Preto. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/download/170-Ojima.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2020.

PIROLLA, M. L.; BENTO, R. M. **O Brasil e a Soja**: Sua História e as Implicações na Economia Brasileira. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Administração) – Centro Universitário Eurípedes de Marília, Marília, 2008. Disponível em <https://aberto.univem.edu.br/bitstream/handle/11077/493/O%20Brasil%20e%20a%20soja%3>

CAPÍTULO 3

[a%20sua%20hist%c3%b3ria%20e%20as%20implica%c3%a7%c3%b5es%20na%20economia%20brasileira.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#). Acesso em: 04 jul. 2020.

PRODANOV, Cleber Cristiano. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Cleber Cristiano Prodanov e Ernani Cesar de Freitas – 2ª Edição – Novo Hamburgo – Editora Feevale, 2013.

SALOMÃO, Rafael. Brasil precisa reduzir custos logísticos internos para melhorar pós-
porteira. **Revista Globo Rural**. Campinas. 2019. Disponível em:
<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Infraestrutura-e-Logistica/noticia/2019/11/brasil-precisa-reduzir-custos-logisticos-internos-para-melhorar-pos-porteira.html>. Acesso em: 04 jul. 2020.

SANTOS, A. S.; ABRITA, M.B.; **Complexo da Soja no Brasil, Consequências da Lei Kandir e da Parceria com a China**. 2014. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: <https://arquivofee.rs.gov.br/wp-content/uploads/2014/05/201405277eeg-mesa15-complexosojabrasilleikandir.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2020.

SENADO NOTÍCIAS. **Lei Kandir**. Disponível em:
<https://www12.senado.leg.br/noticias/entenda-o-assunto/lei-kandir>. Acesso em: 04 jul. 2020.

SILVA, Adonis Carneiro da; SILVA JÚNIOR, Orival de Soares da. **Análise de rotas para o escoamento de commodities sob a ótica da capacidade dos portos brasileiros**. In: Simpósio De Pesquisa Operacional E Logística Da Marinha, 19., 2019, Rio de Janeiro, RJ. Anais [...]. Rio de Janeiro: Centro de Análises de Sistemas Navais, 2019. Disponível em:
<https://www.marinha.mil.br/spolm/sites/www.marinha.mil.br.spolm/files/an%c3%81lise%20de%20rotas%20para%20o%20escoamento%20commodities%20sob%20a%20%c3%93tica%20da%20capacidade%20dos%20portos%20brasileiros.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2020.

TANWAR, S.; TYAGI, S.; KUMAR N. **Multimedia Big Data Computing for IOT Applications: Concepts, Paradigms and Solutions**. Volume 163. Cingapura, 2020.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AFRICULTURE - USDA. **Soybean Transportation Guide: Brazil**, 2019.2020. Disponível em:
<https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/BrazilSoybeanTransportationGuide2019.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2020.

CAPÍTULO

4

Modelagem matemática para pequenas empresas: uma contribuição à tomada de decisão em tempos de pandemia

Mathematical modeling for small businesses: a contribution to decision making in pandemic times

Valesca Scarpatti¹

Diego Vieira dos Santos¹

Alessandro Roberto Rocha²

Fernando Nascimento Zatta³

Wellington Gonçalves⁴

¹Mestrado em Gestão Pública - Universidade Federal do Espírito Santo

²Instituto de Ciências da Vida - Universidade Federal de Juiz de Fora

³ Centro de Ciências Sociais Aplicadas - Universidade Presbiteriana Mackenzie

⁴ Departamento de Engenharias e Tecnologia - Universidade Federal do Espírito Santo

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.4



AYA EDITORA

CAPÍTULO 4

Resumo: As tendências e condições de mercado têm impulsionado necessidade de posturas ágeis e, em alguns momentos, audaciosas por parte da gestão de operações das Micro e Pequenas Empresas (MPE's). Por isso, deve haver uma concentração mais acurada e efetiva na análise e interpretação de dados gerenciais e de produção. Considerando esse contexto, este trabalho propôs uma solução sob a forma de modelo matemático de Linear Programming (LP) que auxilia o contexto gerencial das MPE's. Os resultados permitem além de subsídios para decisões, parametrizar a solução para necessidades cotidianas. Outra contribuição prática deste trabalho é o modelo LINGO desenvolvido, o qual considera a realidade, características e adaptações às mudanças do mercado.

Palavras-chave: pequenas empresas inovadoras. gestão de mudanças. capacidades dinâmicas. gestão de recursos. otimização.

Abstract: Market trends and conditions have driven the need for agile and, at times, audacious attitudes on the part of the operations management of Micro and Small Companies (MSC's). Therefore, there must be a more accurate and effective concentration in the analysis and interpretation of managerial and production data. Considering this context, this work proposed a solution in the form of a mathematical model of Linear Programming (LP) that helps the managerial context of MSC's. The results allow, besides subsidies for decisions, to parameterize the solution for everyday needs. Another practical contribution of this work is the developed LINGO model, which considers reality, characteristics and adaptations to market changes.

Keywords: innovative small companies. change management. dynamic capabilities. resource management. optimization.

INTRODUÇÃO

A busca por vantagem competitiva perpassa pela adoção de estratégias que possibilitem as organizações a se diferenciarem no respectivo segmento de atuação (PORTER, 1996; HAMIDI; ZANDIATASHBAR; BONAKDAR, 2019). Na visão destes autores, a habilidade em criar valor junto aos stakeholders vem sendo associada – desde meados do século passado – à capacidade dos empreendimentos em assumirem a liderança em custo.

Decorrências do avanço tecnológico contemporâneo, contudo, têm impulsionado significativamente a competitividade entre as organizações, tendo em vista o aprimoramento e aplicabilidade de técnicas e ferramentas de gestão que ensejam maior assertividade nas tomadas de decisão, o que, por conseguinte, convergem em favor da alavancagem e longevidade dos negócios (SEBRAE, 2014).

CAPÍTULO 4

No entanto, especificamente no âmbito das Micros e Pequenas Empresas (MPE's), ações voltadas ao fortalecimento de estratégias competitivas ainda se apresentam incipientes (PEREIRA; CARVALHO; QUINTÃO, 2019), revelando vulnerabilidade e efemeridade neste profuso segmento, responsável por movimentar 27% do PIB e mais de 50% da empregabilidade formal no Brasil (SEBRAE, 2020).

Parâmetros de suporte à decisão baseados em modelagem matemática têm subsidiado gestores no delineamento de ações visto que, a partir de representações operacionais, é possível obter informações mais precisas, assim como realizar previsões com elevada acurácia e estimativas de risco (MAITI *et al.*, 2020).

Nesse sentido, a *Linear Programming* (LP) desponta como a área da Pesquisa Operacional que contribui no processo de tomada de decisão e, além de se destacar pela ampla aplicabilidade (FREDDI, 2019), figura como notória ferramenta de gestão ao envidar potencial apoio às MPE's.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi contribuir para a elaboração de uma solução que auxilie à tomada de decisão em pequenas empresas. Para tanto, foi empregada uma abordagem metodológica que considerou inteirações destas empresas com seus pares e o mercado, por meio de um survey e da utilização da LP. A unidade de pesquisa empregada foi uma pequena empresa do setor de vestuário. Os resultados obtidos com o modelo de LP são comparados com os do atual sistema de custeio da empresa, e, a partir disso, são apresentadas as contribuições da aplicação de uma reflexão que é estendida aos stakeholders e mercado.

REFERENCIAL TEÓRICO

O setor confecção e os desafios de sustentabilidade em tempos de pandemia

De acordo com a Confederação Nacional da Indústria (CNI), o setor têxtil e de confecção é um dos setores industriais mais tradicionais e dinâmicos do mundo. A entidade ressalta que as indústrias desse setor apresentam uma extensa cadeia

CAPÍTULO 4

produtiva, englobando desde a etapa de produção de fibras até a etapa de confecção, e estão presentes nas mais diversas regiões do planeta (CNI, 2017).

No Brasil, o setor é responsável por cerca de 1,5 milhão de empregos diretos e 6% do faturamento da indústria de transformação, contando com mais de 32 mil empresas que são formadas majoritariamente (96,8%) por Micro e Pequenas Empresas (MPE's) (CNI, 2017). Em complemento, Maciel et al. (2019) mencionam que o país se notabiliza por ser “a última cadeia têxtil completa do Ocidente”, uma vez que abrange desde a produção de fibras, passando pela etapa de fiação, tecelagem, confecção, varejo e até desfiles de moda.

Em particular, o setor de confecção possui o quarto maior parque produtivo do mundo e absorve em torno de 75% da força de trabalho de toda a indústria têxtil e de confecção no país (CNI, 2017). No ano de 2017, a indústria de confecção atingiu 5,9 bilhões de itens produzidos (MACIEL *et al.*, 2019).

Gamboa et al. (2020) acrescentam que a etapa da confecção de vestuários registra um elevado número de pequenas empresas, com considerável grau de informalidade e perda da capacidade produtiva decorrentes da ausência de ganhos de escala, sendo que um dos fatores que contribuem para essa situação refere-se, na visão desses autores, a aspectos do regime tributário predominante no setor.

As empresas nacionais da indústria de confecção, segundo Godinho e Corso (2019), tiveram ápice de produção até o final da década de 1970, mas, a partir da década de 1990, essas empresas acabaram perdendo participação no mercado, principalmente com o estímulo no país ao comércio internacional e a concorrência de empresas asiáticas.

Na conjuntura atual, além de enfrentar os desafios pertinentes ao enquadramento legislativo, especialmente quanto a questões tributárias, às inovações tecnológicas, à concorrência internacional, entre outros, o setor tem enfrentado as consequências da pandemia do novo Coronavírus (Covid-19). No entendimento de Vasconcelos e Vasconcelos (2020), as medidas de isolamento social adotadas para controle de contágio dessa doença restringem a circulação de trabalhadores e consumidores, o que compromete tanto a demanda por produtos quanto a oferta de trabalho, instaurando uma crise sanitária, social e econômica.

CAPÍTULO 4

Segundo dados de uma pesquisa da Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confeção (ABIT), realizada entre os dias 23 e 25 de março de 2020 com 225 empresas do ramo, a pandemia do Covid-19 afetou 97% dessas empresas por diversos motivos: cancelamento ou adiamento de pedidos de clientes, problemas no escoamento da produção dos clientes, problemas no abastecimento de insumos, alterações nos custos de insumos de produção, entre outros (ABIT, 2020).

Diante desse contexto excepcional, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) cita que têm sido implementadas ações governamentais para minimizar os impactos da pandemia no funcionamento e na empregabilidade dos pequenos negócios, tais como a vigência da Resolução n. 850/2020 do Conselho Deliberativo do Fundo de Amparo ao Trabalhador (CODEFAT), que institui linhas de crédito para empresas com faturamento de até R\$ 10 milhões com condições especiais para MPE's; além das Medidas Provisórias nº. 936/2020 e nº. 944/2020 que dispõem sobre os aspectos de manutenção do emprego e da renda (IPEA, 2020)

Sendo assim, as MPE's do setor de confecções devem buscar alternativas que possam gerar, entre outras vantagens, o aumento da produtividade e a redução de custos para o alcance da maximização de lucros. Entretanto, segundo Gamboa et al. (2020) a obtenção de aumento significativo da produtividade encontra relativa dificuldade neste setor que possui tecnologia consideravelmente estável e baixa qualificação de mão de obra.

Para Siqueira et al. (2019), as empresas devem priorizar as boas práticas de gestão, considerando diversas variáveis, tanto objetivas quanto subjetivas, demonstrando conhecimento integral acerca da demanda de seus produtos no mercado, no intuito de alcançar lucratividade e sustentabilidade a longo prazo. Nesse sentido, podem ser adotados novos padrões de produção, nos quais se promovam a utilização eficiente de recursos e a minimização de perdas e desperdícios (CNI, 2017).

A fim de alcançar os objetivos organizacionais, Gomes et al. (2019) sugerem a utilização de técnicas que envolvam a programação linear, considerada uma das ferramentas mais eficazes no planejamento e acompanhamento de atividades, a qual se baseia em problemas de otimização com múltiplas variáveis de decisão.

CAPÍTULO 4

Mathematical programming como ferramenta gerencial em MPE'S

A necessidade de organizar e otimizar recursos, processos e posicionamento de mercado faz parte das necessidades gerenciais do cotidiano de Micro e Pequenas Empresas (MPE's). E isso, em diversos casos, significa manter o seu *market share* o mais estável possível ou, até mesmo, estar operando de maneira sustentável.

Dentro desse contexto, Kapitonov et al. (2017) destacam que as MPE's por suas características necessitam, em sua maioria, de soluções operacionais que sejam efetivas. No entanto, estes autores também enfatizam que tais soluções sejam replicáveis considerando o perfil das MPE's.

Além do reconhecimento da marca no setor de confecção, para Mohd Tajuddin, Hashim e Zainol (2017) a lealdade do cliente é desenvolvida a longo prazo a partir de uma confiança conquistada no produto. Por conseguinte, essa confiança começa com a qualidade ofertada, a qual se deve à diferenciação competitiva em termos de preços, volumes de vendas, economias de escala e custos otimizados, concluem estes autores.

Segundo Akaeze (2016), as MPE's criam dois em cada três novos empregos e, produzem duas vezes e meia mais inovações do que as grandes empresas. Para este autor, esse fato se deve a renovação de estratégias utilizadas, quais sejam, em termos gerenciais ou operacionais. Em seu estudo, o autor aponta que estas empresas, ao utilizarem ferramentas computacionais, apresentam resultados favoráveis e, em contrapartida, aquelas que possuem planejamentos e ações manuais possuem limitado *market share* no mercado.

No entanto, devido à variação de setores, atividades e características das MPE's, de acordo com Maiti et al. (2020), é necessário o uso de técnicas e ferramentas que possibilitem uma modelagem e parametrização de cada problemática. Na visão destes autores, o uso de modelos de *Linear Programming* (LP) se apresenta como vantajoso por ser de baixa complexidade em termos de tempo de execução para que MPE's obtenham vantagem competitiva.

Nesse sentido, Cvetkoska (2016) afirma que o avanço proporcionado por modelos de LP é a simplicidade e a versatilidade baseada em recursos. Algo desejável

CAPÍTULO 4

para MPE's em seu gerenciamento e sustentabilidade do negócio, especialmente em seus estágios iniciais do ciclo de vida, complementa esta autora. Na opinião de Bagshaw (2019) e Wu et al. (2019), uma característica significativa da LP é que, matematicamente, o modelo proposto pode ser convertido em modelos de *Mixed-integer linear programming* ou de *Stochastic Linear Programming* e, assim, passa a atender a variação temporal – algo comum às pequenas empresas.

Devido à plurivalência e adaptabilidade a diversos contextos e cenários, a LP foi selecionada como diretriz à resolução de um problema cotidiano de pequenas empresas por modelagem matemática. Para Dantzig (1955), a LP é usada, em geral, para auxiliar a tomada decisão sobre a combinação ideal de elementos ou variáveis e a alocação de recursos limitados, os quais são simulados a partir da geração de lucros máximos ou custos mínimos.

Em geral, um modelo de LP é definido por meio de uma função objetivo, que é estabelecida para auxiliar a análise do problema estudado e, ainda, garantir que todos os elementos importantes deste problema sejam considerados (BOYD; BOYD; VANDENBERGHE, 2004; MAITI *et al.*, 2020). Uma característica essencial da função objetivo é a consideração de sua representação em duas ou mais partes (DANTZIG, 1955).

A operacionalização da simulação da otimização de um problema compreende a formulação de uma função de objetivo, a qual é delimitada por um conjunto de restrições (BOYD; BOYD; VANDENBERGHE, 2004). No entanto, conforme Wu et al. (2019) essa função, ao considerar o resultado desejado, envolve a triangulação de variáveis que, por conseguinte, ponderam a maximização dos resultados desejáveis, quais sejam, lucro, conveniência, receita, resultados do colaborador, eficiência da máquina, etc. ou a minimização de resultados adversos como: custo, preço, taxa, distância percorrida, tempo de execução, peso, etc.

Dantzig (1955) destaca que em um problema LP, os coeficientes da função objetivo necessitam ser identificados de acordo com um diagnóstico prévio do problema a ser analisado. Em relação a isso, este autor enfatiza que o tomador de decisão precisa conhecer quais variáveis estão envolvidas no problema, caracterizando o que se deseja de cada uma delas. Adicionalmente, Bagshaw (2019) complementa que as restrições precisam ser identificadas em termos de limitações. De maneira geral, a função objetivo apresenta a seguinte configuração (Equação 1):

CAPÍTULO 4

$$\text{Max. ou Min. } Z = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_nx_n \quad (1)$$

Em que, $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$, são coeficientes da função objetivo e, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, são as variáveis de decisão.

Desta forma, as restrições são delimitações que norteiam decisões ou objetivos (MAITI *et al.*, 2020). Isso, por conseguinte, é ratificado por Cvetkoska (2016) ao assegurar que essas restrições não excedam os recursos à disposição. Para esta autora, essas restrições ocorrem essencialmente em duas dimensões: as funcionais que estão relacionadas a requisitos de entrada e ao atendimento aos limites dos recursos disponíveis - Equação 2, e as de quantidade (Equação 3).

Sujeito a:

$$\begin{cases} b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + b_{13}x_3 + \dots + b_{1n}x_n \leq k_1 \\ b_{21}x_1 + b_{22}x_2 + b_{23}x_3 + \dots + b_{2n}x_n \leq k_2 \\ b_{31}x_1 + b_{32}x_2 + b_{33}x_3 + \dots + b_{3n}x_n \leq k_3 \\ b_{m1}x_1 + b_{m2}x_2 + b_{m3}x_3 + \dots + b_{mn}x_n \leq k_m \end{cases} \quad (2)$$

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \geq 0 \quad (3)$$

Em que: $b_{11}, b_{12}, \dots, b_{21}, b_{22}, \dots, b_{31}, b_{32}, \dots, b_{m1}, b_{m2}, \dots, k_1, k_2, k_3 \dots k_m$ são os coeficientes de entrada e, $b_{ij}, i=1,2,3,\dots,m; j=1,2,3,\dots,n$, sendo i a quantidade de recurso consumido por 1 unidade de atividade j .

Usualmente, segundo Boyd, Boyd e Vandenberghe (2004) na resolução de problemas de LP, os contextos que requerem a maximização de elementos têm restrições menores ou iguais (\leq) a determinados valores limitantes, enquanto os problemas de minimização possuem restrições maiores ou iguais (\geq). Por esse motivo, variáveis de decisão são o foco principal da função objetivo, sendo essencial conhecer suas unidades de mensuração, homem-hora, quantidade a ser produzida, quilos, elementos de custo, e assim por diante, como também são a base para as restrições (DANTZIG, 1955).

CAPÍTULO 4

ABORDAGEM METODOLÓGICA

A realização deste trabalho teve por base um survey (CVETKOSKA, 2016) e uma modelagem matemática (MAITI *et al.*, 2020), ambos direcionados à elaboração de uma solução que auxilie à tomada de decisão em pequenas empresas. Essa realização foi efetivada por meio de 5 etapas (Figura 1). Como unidade de pesquisa foi utilizada uma pequena empresa do setor de vestuário, a qual possui 10 colaboradores e uma representatividade significativa na região, localizada em uma cidade da região do Rio Doce (Minas Gerais). Essa empresa foi selecionada por estar situada em uma região a qual necessita elevar sua atratividade e soluções que apoiem sua cadeia produtiva (CUNHA; GOMES; FERNANDES, 2017).

Figura 1. Síntese operacional da abordagem metodológica



Fonte: Autores.

A primeira etapa da abordagem realizou um diagnóstico que iniciou com uma sessão de *brainstorming* com o gestor e três colaboradores da área operacional da empresa (AKAEZE, 2016). Nessa sessão foram obtidos dados que subsidiaram a elaboração do instrumento de coleta. Em seguida, após elaborar o instrumento, este foi aplicado ao gestor e a todos os colaboradores da empresa por meio de questionário eletrônico, no período de 02 a 26/07/2016, sendo levantados elementos que caracterizaram um problema específico (CVETKOSKA, 2016).

Em seguida, a partir do conhecimento do problema a ser resolvido e dos elementos que o compõe, foi elaborada uma modelagem matemática (MAITI *et al.*, 2020). Na elaboração dessa modelagem foi considerada uma interação com stakeholders e usuários da solução, tanto em termos de coleta de dados quanto na usabilidade das informações geradas. Assim, o desenvolvimento da solução ocorreu por meio de linguagem de programação primária (LINGO 17) - script, em que a modelagem elaborada foi implementada. Esse desenvolvimento considerou as

CAPÍTULO 4

particularidades do setor e da empresa, além do conhecimento matemático necessário para sua utilização.

Posteriormente, por intermédio de teste do *script*, foi possível verificar a funcionalidade, usabilidade, velocidade de processamento, precisão das operações e da integração de processos, confiabilidade, além da facilidade de portabilidade para outro ambiente computacional e funcionar apropriadamente. Após a testagem da solução, esta foi apresentada à unidade de pesquisa para entrar em operação no seu cotidiano. Para tanto, foi realizado um treinamento em que todo o ciclo operacional e de manutenção foram apresentados.

O processamento estatístico do *survey* foi realizado com o emprego do software SPSS (*Statistical Package for the Social Science*) *Statistics Desktop* 23.0 - versão *trial*, a fim de contribuir para minimização de erros. Desta forma, a análise de dados foi antecedida de preparo inicial, em que *missing values* (valores em falta) e outliers (valores atípicos) foram verificados para evitar possíveis discrepâncias. Para auxiliar a modelagem matemática, implementação, testagem e manutenção da solução de LP foi utilizado o solver LINGO 17 versão *trial*.

A verificação da confiabilidade interna da escala utilizada no instrumento de coleta foi examinada por meio do alfa de Cronbach (C_α), em que um valor do coeficiente igual ou superar a 0,7 indica consistência adequada (TABER, 2018). Com relação a ocorrência de outliers foi utilizado o intervalo $-2,5 < Z < 2,5$, que segundo Brudvig, Brusco e Cradit (2019) e Aronne, Grossi e Bressan (2020) para amostras de até 100 elementos se apresenta como eficiente na detecção dessas anomalias.

RESULTADOS

A sessão de *brainstorming* – realizada com o gestor e os três colaboradores da área operacional da empresa – possibilitou o entendimento da problemática a ser abordada. Isto posto, foi levantada a necessidade de maximizar o lucro da empresa, assim como, informações referentes à quantidade de recursos disponíveis, horas de trabalho, demanda e lucro por unidade produzida. A amostragem foi composta por todos os colaboradores, os quais responderam ao instrumento de coleta de dados. A

CAPÍTULO 4

consistência interna desse instrumento foi atestada ao se obter um C_α igual a 0,83. Ao realizar análise dessa amostragem verificou-se ausência de *outliers* e de *missing values*.

Desta forma, segundo os dados levantados, foi detectado que a empresa produz e comercializa cinco tipos diferentes de produtos (Tabela 1), com uma jornada de trabalho de 44 horas semanais, desempenhada por 10 colaboradores, disponibilidade de 2520 metros de tecido, e, uma capacidade produtiva de 550 peças por semana. Assim, o processo produtivo da empresa foi caracterizado considerando uma unidade produzida de cada item do *mix* disponível no momento do diagnóstico.

Tabela 1. Parâmetros da produção

Produto	Lucro/unidade (R\$)	Tecido (m)	Mão de Obra (min.)
Camisa polo	11,80	0,80	12
Camisa Gola Careca	12,98	0,70	5
Calça	11,80	1,20	37,50
Avental	12,98	0,60	16
Touca	5,90	0,40	4

Fonte: Resultados da pesquisa.

O ciclo produtivo anual da empresa considera um período de 8 meses, o qual subsidia a elaboração do planejamento operacional, sendo a produtividade média requerida para delimitação deste ciclo. Após a definição dessa informação, foram levantados ciclo produtivos considerando os últimos cinco anos (Tabela 2). E, por solicitação do gestor da empresa, foi estimado um cenário pessimista, verificado a partir de uma Média Geométrica (M_G) das demandas desses anos. E, deste modo, foi visualizada a tendência central desse conjunto de dados (MOHD TAJUDDIN; HASHIM; ZAINOL, 2017).

Tabela 2 – Previsão de demanda

Produto	Produtividade (Un.)					M_G (Un.)
	2015	2016	2017	2018	2019	
Camisa Polo	30	50	65	70	90	57
Camisa Gola Careca	85	100	130	140	180	123
Calça	35	50	65	70	90	59
Avental	17	20	26	28	36	25
Touca	15	20	26	28	36	24

Fonte: Resultados da pesquisa.

A modelagem matemática do problema de LP considerou a existência de uma interação entre a empresa, *stakeholders* e usuários da solução (MAITI *et al.*, 2020), sendo formulada a função objetivo em decorrência da coleta de dados, considerando ainda a usabilidade das informações a serem geradas (Equação 4).

CAPÍTULO 4

$$\text{Max. } L = 11,8x_1 + 12,98x_2 + 11,8x_3 + 12,98x_4 + 5,9x_5 \quad (4)$$

Em que: x_1 é a quantidade de Camisa Polo a ser produzida; x_2 é a quantidade de Camisa Gola Careca; x_3 é a quantidade de Calça; x_4 é a quantidade de Avental e x_5 é a quantidade de Touca.

Analogamente, a partir dos artefatos disponíveis, tornou-se necessária a delimitação das restrições, pois, deste modo, além da prevenção de excessos, possibilita-se a adoção de um planejamento racionalizado de recursos (CVETKOSKA, 2016). À vista disso, as restrições da função objetivo foram formuladas considerando a dimensão funcional dos elementos que a compõe, assim como o atendimento aos limites e quantidades dos recursos disponíveis (Equação 5).

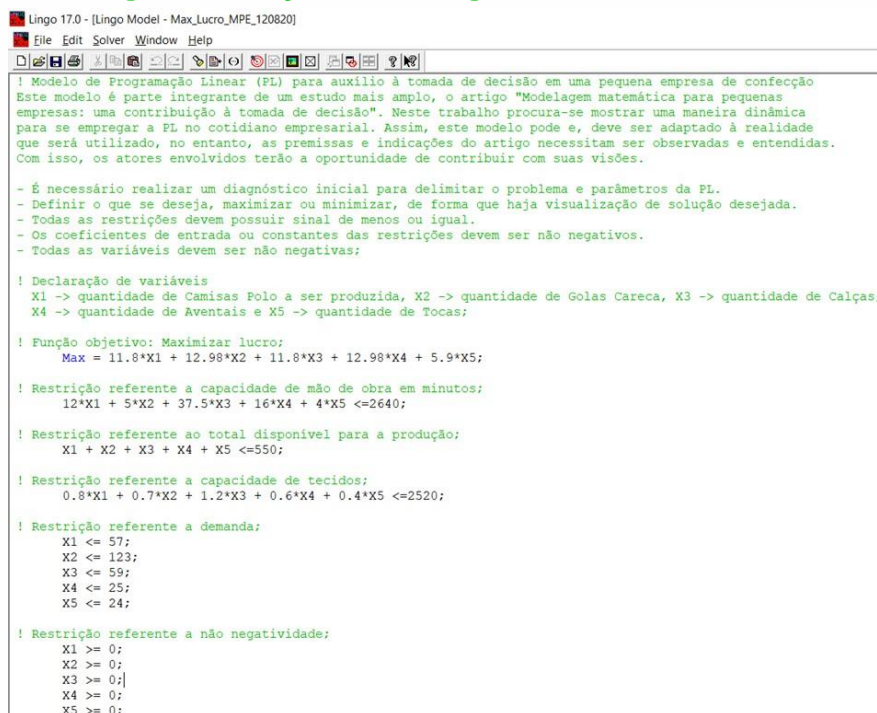
Sujeito a:

$$\begin{cases} 12x_1 + 5x_2 + 37,5x_3 + 16x_4 + 4x_5 \leq 2640 & (\text{restrição referente a disponibilidade de mão de obra}) \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \leq 550 & (\text{restrição referente a capacidade de produção}) \\ 0,8x_1 + 0,7x_2 + 1,2x_3 + 0,6x_4 + 0,4x_5 \leq 2520 & (\text{restrição referente a disponibilidade de tecido}) \\ x_1 \leq 57; x_2 \leq 123; x_3 \leq 59; x_4 \leq 25; x_5 \leq 24 & (\text{restrição referente a demanda}) \\ \forall x_j \geq 0; j = 1, \dots, 5 & (\text{restrição de não negatividade}) \end{cases} \quad (5)$$

Posteriormente, o desenvolvimento do *script* da solução foi realizado considerando a aplicabilidade para o problema estudado e, também, de forma que possa ser adaptado ou reformulado para outras conjecturas (Figura 2). Adicionalmente ao *script*, foram elaboradas orientações e diretrizes quanto ao uso.

CAPÍTULO 4

Figura 2. Inserção da modelagem matemática no *solver*



```
Lingo 17.0 - [Lingo Model - Max_Lucro_MPE_120820]
File Edit Solver Window Help

! Modelo de Programação Linear (PL) para auxílio à tomada de decisão em uma pequena empresa de confecção
Este modelo é parte integrante de um estudo mais amplo, o artigo "Modelagem matemática para pequenas
empresas: uma contribuição à tomada de decisão". Neste trabalho procura-se mostrar uma maneira dinâmica
para se empregar a PL no cotidiano empresarial. Assim, este modelo pode e, deve ser adaptado à realidade
que será utilizado, no entanto, as premissas e indicações do artigo necessitam ser observadas e entendidas.
Com isso, os atores envolvidos terão a oportunidade de contribuir com suas visões.

- É necessário realizar um diagnóstico inicial para delimitar o problema e parâmetros da PL.
- Definir o que se deseja, maximizar ou minimizar, de forma que haja visualização de solução desejada.
- Todas as restrições devem possuir sinal de menos ou igual.
- Os coeficientes de entrada ou constantes das restrições devem ser não negativos.
- Todas as variáveis devem ser não negativas;

! Declaração de variáveis
X1 -> quantidade de Camisas Polo a ser produzida, X2 -> quantidade de Golas Careca, X3 -> quantidade de Calças,
X4 -> quantidade de Aventais e X5 -> quantidade de Tocas;

! Função objetivo: Maximizar lucro;
Max = 11.8*X1 + 12.98*X2 + 11.8*X3 + 12.98*X4 + 5.9*X5;

! Restrição referente a capacidade de mão de obra em minutos;
12*X1 + 5*X2 + 37.5*X3 + 16*X4 + 4*X5 <=2640;

! Restrição referente ao total disponível para a produção;
X1 + X2 + X3 + X4 + X5 <=550;

! Restrição referente a capacidade de tecidos;
0.8*X1 + 0.7*X2 + 1.2*X3 + 0.6*X4 + 0.4*X5 <=2520;

! Restrição referente a demanda;
X1 <= 57;
X2 <= 123;
X3 <= 59;
X4 <= 25;
X5 <= 24;

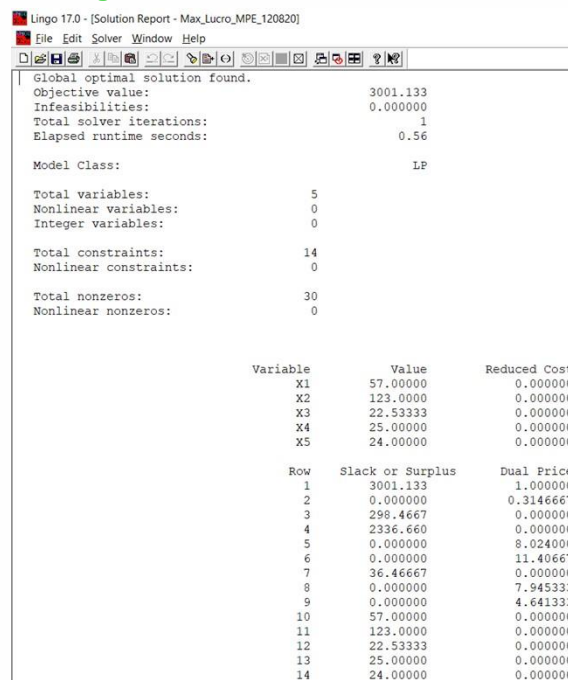
! Restrição referente a não negatividade;
X1 >= 0;
X2 >= 0;
X3 >= 0;
X4 >= 0;
X5 >= 0;
```

Fonte: Resultados da pesquisa.

Assim, o modelo foi simulado e testado em um *notebook* DELL *Inspiron* 15 3000, equipado com processador Intel® Core™ i7-8565U (1.8 GHz até 4.6GHz, cache de 8MB, quad-core, 8ª geração), Windows 10 *Home Single Language*, de 64 bits - em Português (Brasil), Placa de vídeo dedicada AMD Radeon™ 520 com 2GB de GDDR5, Memória de 8GB (1x8GB), DDR4, 2400MHz; Expansível até 16GB (1 slot soDIMM, sem slot livre) e SSD de 128GB + HD de 1TB 5400 RPM (Figura 3).

CAPÍTULO 4

Figura 3 - Dados de saída do solver



Lingo 17.0 - [Solution Report - Max_Lucro_MPE_120820]

File Edit Solver Window Help

Global optimal solution found.
Objective value: 3001.133
Infeasibilities: 0.000000
Total solver iterations: 1
Elapsed runtime seconds: 0.56

Model Class: LP

Total variables: 5
Nonlinear variables: 0
Integer variables: 0

Total constraints: 14
Nonlinear constraints: 0

Total nonzeros: 30
Nonlinear nonzeros: 0

Variable	Value	Reduced Cost
X1	57.00000	0.000000
X2	123.0000	0.000000
X3	22.53333	0.000000
X4	25.00000	0.000000
X5	24.00000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	3001.133	1.000000
2	0.000000	0.3146667
3	298.4667	0.000000
4	2336.660	0.000000
5	0.000000	8.024000
6	0.000000	11.40667
7	36.46667	0.000000
8	0.000000	7.945333
9	0.000000	4.641333
10	57.00000	0.000000
11	123.0000	0.000000
12	22.53333	0.000000
13	25.00000	0.000000
14	24.00000	0.000000

Fonte: Resultados da pesquisa.

Ao realizar a simulação, foi obtido como solução ótima o valor de R\$ 3.001,13, que significa o lucro máximo da empresa, com um processamento realizado em 15 milésimos de segundo, utilizando 29% da memória do *notebook* e uma única iteração, considerando o diagnóstico realizado, ou seja, 5 variáveis ($x_1; x_2; x_3; x_4$ e x_5) e 14 restrições. Esse resultado compreende o lucro obtido com a produção de 57 unidades de Camisa Polo (x_1), 123 Camisas Gola Careca (x_2), 22 Calças (x_3), 25 Aventais (x_4) e 24 Toucas (x_5).

Vale ressaltar que a solução ótima utiliza 99,24% da capacidade de mão de obra, 45,64% da produção e 12% de tecido. Esses números aparentemente sugerem um desbalanço da produção atual da empresa. Por outro lado, embora este trabalho não tenha pretendido investigar e impactar no nível de balanceamento da linha de produção (NALLUSAMY, 2016), vale destacar que o planejamento e controle somados à uma estratégia de produção, permitem, dentre outros benefícios, a otimização do uso de recursos, que por sua vez afeta diretamente esse balanceamento.

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, examinamos com sucesso diversos tipos de produtos do *mix*, recursos disponíveis, quantidades e custos de produção de uma pequena empresa do setor de confecção. Sugerimos uma solução ideal usando dados secundários coletados dos registros da empresa, por meio de um problema de *Linear Programming* (LP), formulado com modelagem matemática usando o solver LINGO.

A solução revelou que o gestor da empresa deve se concentrar mais na produção de camisa Gola Careca e Polo, enquanto os outros tipos devem ser avaliados e produzidos de acordo com a estratégia de posicionamento de mercado, pois suas contribuições devem ser acompanhadas com rigor mais elevado, a fim de atingir o lucro mensal máximo desejado.

Desta forma, teorias, análises e fórmulas são estudadas, aplicadas e demonstradas com exemplo prático. Incertezas nas MPE's são desafios para as operações, especialmente quando se trata de orçamento, planejamento, gestão e controle. Por esse motivo, compreender estas incertezas auxilia a minimização de riscos, sendo importante para evitar resultados abaixo do ideal. O modelo determinístico apresentado neste trabalho é ferramenta eficaz para lidar com questões de gerência empresarial e da produção, sobretudo com relação a alocações ótimas de recursos, o qual pode e deve ser adaptado para diferentes cenários e condições.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) / Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES) e, ao Laboratório de Pesquisa Operacional, Logística e Transportes (POLT) pelo apoio e contribuições no desenvolvimento deste trabalho.

CAPÍTULO 4

REFERÊNCIAS

AKAEZE, C. O. **Exploring Strategies Required for Small Business Sustainability in Competitive Environments**. 2016. Tese (Doutorado em Administração) - College of Management and Technology, Walden University, Minnesota, 2016.

ARONNE, A.; GROSSI, L.; BRESSAN, A. A. Identifying outliers in asset pricing data with a new weighted forward search estimator. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 31, n. 84, p. 458-472, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO (ABIT). **Enquete com os empresários do setor têxtil e confecção: acompanhamento sobre os impactos do Coronavírus** (Semana 23/03 – 27/03). São Paulo: ABIT, 2020. Disponível em: <https://www.abit.org.br/uploads/arquivos/SEMANA%202327%20impactos%20Covid.19%20ptx.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2020.

BAGSHAW, K. B. A Review of Quantitative Analysis (QA) in Production Planning Decisions Using the Linear Programming Model. **American Journal of Operations Research**, v. 9, n. 6, p. 255-269, 2019.

BOYD, S.; BOYD, S. P.; VANDENBERGHE, L. **Convex optimization**. Cambridge: Cambridge university press, 2004.

BRUDVIG, S.; BRUSCO, M. J.; CRADIT, J. D. Joint selection of variables and clusters: recovering the underlying structure of marketing data. **Journal of Marketing Analytics**, v. 7, n. 1, p. 01-12, 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI); ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO (ABIT). **O setor têxtil e de confecção e os desafios da sustentabilidade**. Brasília: CNI, 2017. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/bb/6f/bb6fdd8d-8201-41ca-981d-deef4f58461f/abit.pdf. Acesso em: 15 ago. 2020.

CUNHA, D. M.; GOMES, M. F. A.; FERNANDES, D. M. Microrregião de Governador Valadares (MG): a dinâmica de seus fluxos migratórios. **Espaço em Revista**, v. 19, n. 1, p. 98-115, 2017.

CVETKOSKA, V. A survey of the use of operational research in decisions made by micro, small and medium-sized enterprises in Macedonia. **Croatian Operational Research Review**, v. 7, n. 2, p. 349-365, 2016.

DANTZIG, G. B. Linear programming under uncertainty. **Management science**, v. 1, n. 3-4, p. 197-206, 1955.

FREDDI, E. **Um estudo sobre programação linear e aprendizagem baseada em problemas**. 2019. Dissertação (Mestrado profissional) - Instituto de Matemática Estatística e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 2019.

GAMBOA, U. M. R.; MACIEL, V. F.; VENDRUSCOLO, B. D.; SILVA, H. Os efeitos potenciais do regime tributário competitivo para confecção (RTCC): Uma aplicação de vetores autorregressivos (VAR). **Revista de Economia Mackenzie**, v. 17, p. 146–164, 2020.

CAPÍTULO 4

GODINHO, I. P.; CORSO, L. L. Aplicação da Programação Linear para otimizar o mix de produtos em uma empresa de confecção. **Scientia cum Industria**, v. 7, n. 2, p. 83-87, 2019.

GOMES, J.; MARIZ, E. C.; SILVA, A. M.; KAWAMOTO, L. T. J. Programação linear aplicada à mobilidade urbana: análise do trajeto da residência à escola de estudantes universitários. **Revista Eniac Pesquisa**, v. 8, n. 2, p. 280-297, 2019.

HAMIDI, S.; ZANDIATASHBAR, A.; BONAKDAR, A. The relationship between regional compactness and regional innovation capacity (RIC): Empirical evidence from a national study. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 142, p. 394-402, 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **IPEA Nota técnica nº 63**: Socorro governamental às pequenas unidades produtivas frente à atual pandemia. Brasília: IPEA, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10033>. Acesso em: 16 ago. 2020.

KAPITONOV, I. A.; TASPENOVA, G. A.; MESHKOV, V. R.; SHULUS, A. A. Integration of small and middle-sized enterprises into large energy corporations as a factor of business sustainability. **International journal of energy economics and policy**, v. 7, n. 2, p. 44-52, 2017.

MACIEL, V. F.; FRONZAGLIA, M. L.; SILVA, A. L. P. da.; SILVA, H.; ORLANDI, K. W. Cadeia têxtil-confecção: competitividade e intervenção governamental na segunda década do século XXI no Brasil. In: VARTANIAN, P. R.; MACIEL, V. F. (orgs.) **Estudos econômicos setoriais: Máquinas e equipamentos, ferrovias, têxtil e calçados**. São Paulo: Blucher Open Access, 2019. p. 129-168.

MAITI, M.; KRAKOVICH, V.; SHAMS, S. R.; VUKOVIC, D. B. Resource-based model for small innovative enterprises. **Management Decision**, 2020.

MOHD TAJUDDIN, R. B.; HASHIM, S. F. B.; ZAINOL, A. S. B. The role of brand identity in creating resilient small enterprises (SME's) in fashion industry. **International Journal of Supply Chain Management**, v. 6, n. 2, p. 140-146, 2017.

NALLUSAMY, S. Productivity enhancement in a small scale manufacturing unit through proposed line balancing and cellular layout. **International Journal of Performability Engineering**, v. 12, n. 6, p. 523-534, 2016.

PEREIRA, F. C. M.; CARVALHO, R. B.; QUINTÃO, A. A. Uso da inteligência competitiva por micro, pequenas e médias empresas: estudo de caso nas empresas associadas à ACITA, Itabira (MG), Brasil. **Revista Inteligência Competitiva**, v. 9, n. 3, p. 100-122, 2019.

PORTER, M. E. Competitive advantage, agglomeration economies, and regional policy. **International regional science review**, v. 19, n. 1-2, p. 85-90, 1996.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Participação das Micro e Pequenas Empresas na Economia Brasileira**. Brasília: SEBRAE, 2014. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Estudos%20e%20Pesquisas/Participacao%20das%20micro%20e%20pequenas%20empresas.pdf>. Acesso em 12 ago. 2020.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **WebSite**. 2020. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Estudos%20e%20Pesquisas/Participacao%20das%20micro%20e%20pequenas%20empresas.pdf>. Acesso em 12 ago. 2020.

CAPÍTULO 4

SIQUEIRA, M. P.; AMARO, T. C. F.; QUARTO, L. C.; SOUZA, S. M. F.; QUARTO, J. V. C. O processo de formação de preço de uma microempresa do setor têxtil de confecção. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v. 7, n. 11, p. 138-149, 2019.

TABER, K. S. The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. **Research in Science Education**, v. 48, n. 6, p. 1273-1296, 2018.

VASCONCELOS, P. S.; VASCONCELOS, P. E. A. Desafios da estratégia empresarial: antes, durante e após a pandemia de 2020. **Revista Interdisciplinar de Direito**, v. 18, n. 1, p. 163-182, 2020.

WU, Z.; YANG, K.; YANG, J.; CAO, Y.; GAN, Y. Energy-efficiency-oriented scheduling in smart manufacturing. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, v. 10, n. 3, p. 969-978, 2019.

CAPÍTULO

5

Práticas pedagógicas: um novo olhar - desafios e técnicas aplicadas para motivar a aprendizagem na formação de um engenheiro de produção

Pedagogical practices: a new look - challenges and techniques applied to motivate learning in training a production engineer

Jair Henrique Boarão

Universidade Tuiuti do Paraná, UTP

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.5



AYA EDITORA

CAPÍTULO 5

Resumo: Vivemos numa era marcada por muitas transformações, as novas tecnologias e o mercado globalizado aceleram ainda mais esse processo, repensar a educação no Curso de Engenharia de Produção nesse contexto é totalmente necessário, no que se refere a desenvolver nos alunos novas habilidades e competências numa sociedade desigual. As mudanças culturais e tecnológicas que temos vivenciado nos últimos anos, vêm exigindo um novo olhar para a forma que os conhecimentos são transmitidos em sala de aula aos alunos, no decorrer do artigo será evidenciado a necessidade de uma prática pedagógica diferenciada, de acordo com a exigência que o momento requer. As diferentes competências comunicativas, a capacidade de compreender e de posicionar-se diante das informações recebidas, aprender com o novo, são questões a serem repensadas caso o docente enquanto mediador, tenha o desejo de continuar sendo um meio de informação, além de desenvolver técnicas para além disso. Neste contexto educacional, a motivação dos alunos é um importante desafio a ser enfrentado, pois tem implicações diretas na qualidade do envolvimento deste com o processo de ensino, pensando no mercado de trabalho.

Palavras-chave: tecnologia. engenharia de produção. habilidades. competências. práticas pedagógicas.

Abstract: We live in an era marked by many transformations, new technologies and the globalized market accelerate this process even more, rethinking education in the Production Engineering Course in this context is totally necessary, when it comes to developing in students' new skills and competences in a society uneven. The cultural and technological changes that we have experienced in recent years, have demanded a new look at the way that knowledge is transmitted in the classroom to students. In the course of the article, the need for a differentiated pedagogical practice will be highlighted, according to the requirement that the moment requires. The different communicative competences, the ability to understand and to stand before the information received, to learn from the new, are issues to be rethought if the teacher as a mediator, has the desire to remain a means of information, in addition to developing techniques Furthermore. In this educational context, students' motivation is an important challenge to be faced, as it has direct implications for the quality of their involvement in the teaching process, thinking about the job market.

Keywords: Technology. Production Engineering. Skills. Competences. Pedagogical Practices.

INTRODUÇÃO

A cada momento a sociedade vem sofrendo grandes mudanças em função do avanço tecnológico. Até o início do século falava-se em Revolução Industrial, caracterizada pelo desenvolvimento de novas indústrias e com o passar do tempo, o processo de inovação tecnológica, como sendo um dos principais motivos para o crescimento das empresas industriais.

CAPÍTULO 5

Passou-se do modo de produção artesanal, para o de produção de massa, quando surge a necessidade de um novo profissional, o Engenheiro de Produção, modelado para atuar naquele momento, onde uma grande quantidade de produtos era produzida em escala e a preços baratos.

Quanto mais as produções em larga escala aumentavam, mais máquinas surgiam e como consequência mais concorrentes apareciam fabricando os mesmos produtos, começou a surgir nesse momento a necessidade de se tornar a produção mais eficiente.

Nos últimos anos o modo de produção passou a ser o da manufatura enxuta, menos estoque, mais lucro e com o advento do avanço tecnológico, mais economia na fabricação e menos desperdício.

A educação também vive esse momento de adequação a novas tecnologias e formação de profissionais aptos para atuarem nesse mercado extremamente competitivo, porque o que se busca hoje é um profissional completo, com habilidades e competências, um colaborador multifuncional, que sabe resolver e antecipar problemas com criatividade, utilizando a filosofia do mais com o menos, visando um lucro maior da empresa.

As universidades por anos mantem suas práticas pedagógicas num sistema tradicional de ensino, no entanto, a maioria dos universitários matriculados em cursos superiores, tem jornada dupla, trabalham e estudam, pensando nesse aluno que será o futuro profissional apto para o mercado, precisa-se mudar a metodologia, no intuito de motivá-los.

O Curso de Engenharia de Produção vem sofrendo algumas modificações no que diz respeito a esse fator, porém pouco significativa, isso justifica a construção desse artigo que vai demonstrar através da teoria, que é possível essa mudança da prática em sala de aula, trazendo a problemática da realidade para as paredes das Universidade.

Também ousou-se citar algumas técnicas diferenciadas de trabalho, como o de equipe, a problematização em sala, jogos e simulações, para preparar o indivíduo para a competitividade do mercado. O uso de novos aplicativos, uma vez que na maioria dos casos o aluno sabe mais que o professor, pois ele tem acesso fácil a tablets, iphones, enfim, o professor tem que sair da zona de conforto para falar a

CAPÍTULO 5

mesma linguagem, ter uma abordagem diferenciada para conseguir desenvolver as competências e habilidades esperadas.

Assim, o trabalho representa uma pesquisa científica descritivo, a partir da exploração de dados secundários em bibliografias nos modos impressos e virtuais.

REVISÃO DE LITERATURA

A Engenharia da Produção é exercida em todas as atividades produtivas humanas, no planejamento, projeto, implantação, controle e otimização de sistemas produtivos, integrando pessoas, informações, materiais e equipamentos a fim de produzir um serviço ou um produto de modo econômico e para isso o profissional dessa área deve ter conhecimentos específicos de tecnologia, com formação voltada para projetos e gerência de sistemas produtivos, envolvendo as áreas de matemática, física e as ciências sociais, atuando assim na interface das partes tecnológicas e gerencial de Engenharia em Empresas, principalmente em chão de fábrica.

Pode-se dividir os modos de produção em três fases no decorrer da história: modo de produção artesanal, de massa e por fim o modo de produção enxuto.

Num primeiro momento da história, como se estuda na Engenharia de Produção, havia a produção artesanal, em que, o conhecimento da manufatura e a própria produção se fundiam em uma só pessoa, no próprio artesão que com suas ferramentas e método próprio produzia determinado produto. As habilidades exigidas eram as habilidades do trabalho, aprendidas no ambiente da tarefa manual. (BELHOT, 1997).

Com o advento da Revolução Industrial, considerado um momento histórico e de mudanças no qual se ocasiona um progresso onde a partir dele surgem diferentes modos de vida e de produção, no caso aqui o de massa, acaba por influenciar o campo e a cidade fazendo com que haja relações entre esses dois espaços, muitas famílias se deslocam da área rural em busca de trabalho nas fábricas, havia muita mão de obra, mas pouca qualificação, com isso também há um aumento quantitativo em relação ao aumento demográfico, principalmente entre os séculos XII e XVIII.

Chiavenato salienta em relação à produção de massa que há uma separação entre o planejamento e a execução, a comunicação era unívoca, o controle rígido, a

CAPÍTULO 5

padronização, o aumento da escala de produção ocorrem até hoje por grande parte da atividade industrial.

Buscando uma otimização de resultados, ocorre uma separação entre conhecimento e a decisão da execução, sendo esta última realizada pela mão de obra alienada.

Na educação, não muda muito, pois o ambiente de ensino é comparado a uma fábrica, onde a gerência é feita pelo professor, detentor do saber, sem levar em conta a heterogeneidade do indivíduo, pois não há interesse, uma vez que há regras e ordens, e que o sujeito entra na sala de aula e atua segundo processos que são previamente estabelecidos até ser transformado e sair como produto final, então é colocado à disposição do mercado.

Atualmente, com toda essa globalização da economia e a competitividade para manter-se num mercado altamente marcado pela tecnologia das informações, onde a qualidade e a produtividade vem arraigado por essa nova visão de relação custo e benefício, principalmente da manufatura enxuta, estoques reduzidos, faz-se necessário repensar a metodologia de ensino para esse profissional que atuará nessa área, pois não há nenhuma estratégia que possa ser aplicada como uma receita pronta e acabada, visto que a tecnologia abre leques para transformação imediata. Exigindo assim um conhecimento muito mais amplo deste profissional e isso requer estudos e capacitação.

A informatização do ponto de vista capitalista, constitui um bem econômico (ou mercadoria). Sua produção, tratamento, circulação e mesmo aquisição tornam-se fundamentais para a ampliação do poder e da competitividade no mundo globalizado. Investir em informação ou adquirir informação qualificada passou a ser, então, condição determinante para o aumento da eficácia e da eficiência no mundo dos negócios (LIBÂNEO; *et al.*, 2012, p. 80)

O Currículo hoje é avaliado por competências e habilidades, embasados em critérios de multidisciplinariedade e multifuncionalidade, pois os Engenheiros de Produção são agentes de transformações, tanto sociais quanto mercadológicos.

Para se pensar a escola que conhecemos é necessário compreendê-la dentro de um determinado contexto histórico, considerando suas especificidades. Essa escola, alicerçada em princípios caros à tradição da modernidade, encontra-se abalada pelo modo de viver contemporâneo, em que novas formas de poder entram em jogo. Para o sociólogo Zygmunt Bauman, a escola está inserida na dinâmica social e tal como a sociedade enfrenta uma mudança na forma de compreender o espaço e o tempo, que outrora se

CAPÍTULO 5

configuravam como predetermináveis e estagnados e hoje reconhecidos como processuais, mutáveis e dinâmicos (BAUMAN, 2001, p. 131).

Com todas essas mudanças no cenário mundial, cabe a todas as universidades se posicionarem em relação a esses processos e repensarem suas metodologias e conteúdo para suprir a formação desse profissional, pensando assim numa melhora da qualidade de ensino.

Essa necessidade requer que especialistas busquem novas estratégias de ensino para o processo educacional, no que se refere ao processo ensino-aprendizagem, que quando não visa a interação professor e aluno, fica denominado por alguns especialistas, como modelo transmissão-recepção. O processo ensino-aprendizagem deve fornecer subsídios para que ocorra a qualificação de profissionais competentes para o atual mercado, são várias as lacunas ainda existentes para que se chegue a tal objetivo.

Pensar num modelo de ensino significativo, desvinculado do tradicional, requer um desenho bem construído de concepção de aluno, de aprendizagem e dos conhecimentos e atividades que é propiciado aos alunos, logo deve-se explicitar de forma coerente essas concepções que são subjacentes a esse novo modelo. Caso contrário, corre-se o risco de utilizar ainda uma metodologia mecânica, cujo objetivo é a armazenagem momentânea do conteúdo, que será brevemente esquecido.

Segundo Bodner (1992), a organização dos cursos parece lógica porque entende-se os conteúdos que a constituem, porém, isso não quer dizer que está adequada para os alunos, pois enquanto não se entender o aluno na sua totalidade como construtor e possuidor de ideias e o ensino não ser organizado a partir do conhecimento que o aluno já possui, pouco a aprendizagem será efetiva.

Ainda segundo Góes (1992), concebendo-se o homem como sujeito ativo, está implícita a noção de que a apropriação do conhecimento não se dá de forma passiva, visto implicar transformação de conteúdos ensinados, propriedade esta que remete ao papel estruturante do sujeito. A apropriação ativa da cultura pelo sujeito é explicada, na concepção vygotskyana, pela transição das funções Inter psicológicas em funções intrapsicológicas, a saber: tudo que existe para o indivíduo existiu, em um primeiro momento, entre indivíduos, isto é, no contexto das interações sociais. Ressalta-se, entretanto, que longe de ser uma cópia do plano externo, o funcionamento interno resulta de uma apropriação das formas de ação, que é

CAPÍTULO 5

dependente tanto de estratégias e conhecimentos dominados pelo sujeito, quanto de ocorrências no contexto interativo.

O modelo transmissão-recepção é arcaico, uma vez que nesse caso somente o aluno é receptáculo de conhecimento, então, para que ocorra a reconstrução do conhecimento o papel do professor deveria ser de fazer o aluno pensar e pensar juntamente com ele nesse caso ocorreria a interação e pôr fim a aprendizagem significativa.

Então, o maior desafio no Curso de Engenharia da Produção, está em buscar um novo modelo que por fim incorpore as mudanças tecnológicas e econômicas na sua metodologia de ensino visando assim a qualidade do ensino, refletindo na aprendizagem, ou seja o foco de ensino deve ser o aprender.

Quando o foco de ensino é no aprender e não mais no processo de ensinar, o docente contratado pela universidade devem ir além somente do cumprimento da obrigação contratual, por isso a importância do professor que busca o conteúdo além das grades curriculares, deve ser também um pesquisador que reúne conhecimentos e habilidades através da multidisciplinariedade e integrando-os na aplicação para solucionar futuros problemas e isso não poderá ser feito sem a presença dele.

Muitas vezes o que se encontram no interior das universidades, nas salas de aula é um molde tradicional de ensino com lousas, giz, onde o professor escreve e o aluno cópia e estuda para a prova, tendo como ponto de chegada a nota final, esse modelo forma técnicos e não indivíduos pensantes.

Esses alunos recebidos na universidade, diante do contexto econômico atual, em sua maioria já se encontram ativos no mercado de trabalho e por vezes estão cansados pela rotina desgastante, acabam desestimulados quando encontram esse ambiente tradicional de ensino, pois a tecnologia de certa forma está disponível para o acesso e não necessita de um docente para fazer a leitura de um material pronto e acabado.

[...] o processo de aprendizagem depende da razão que motiva a busca de conhecimento”, ressaltando o porquê da sua importância. Os alunos precisam ser provocados, para que sintam a necessidade de aprender, e não os professores “despejarem” sobre suas cabeças noções que, aparentemente, não lhes dizem respeito. A forma de apresentar o conteúdo, portanto, pode agir em sentido contrário, provocando a falta de desejo de aprender que seria, para os alunos, o distanciamento que se coloca entre o conteúdo e a realidade de suas vidas. Quando o aluno não percebe de que modo o

CAPÍTULO 5

conhecimento poderá ajudá-lo, como desejará algo que lhe parece inútil?
(KUPFER, 1995, p. 79)

Existem algumas práticas que podem ser utilizadas para incentivar os discentes na busca pelo conhecimento, uma delas é o desenvolvimento da autonomia. Quando o aluno é encorajado a pensar ativamente, criticamente e autonomamente ele aprende mais do que as que são levadas a obter apenas competências mínimas.

[...] o educando deve ser desafiado, mobilizado, sensibilizado; deve perceber alguma relação entre o conteúdo e a sua vida cotidiana, suas necessidades, problemas e interesses. Torna-se necessário criar um clima de predisposição favorável à aprendizagem (GASPARIN, 2005, p. 15).

Alternar as estratégias em sala de aula pode ser uma boa dica, pois aulas tradicionais com livros, papel, slides e caneta, acabam desmotivando os alunos. Hoje existem novas propostas de trabalho que podem auxiliar o aluno no desenvolvimento de novas habilidades, sendo que estas transformam não somente o profissional, mas também o próprio aluno como cidadão, ou seja como um ser social atuante numa sociedade em constante transformação: o aprender a aprender, o trabalho em equipes, a flexibilidade, a pesquisa, dentre tantos outros.

Em relação ao aprender esse consiste na postura do aluno em ter desenvolvida a habilidade de buscar o conhecimento, de acessá-lo e incorporá-lo para então abrir novos horizontes, isso requer uma quebra do estereótipo.

Segundo DEMO (1995) um ensino baseado no aprender, significa focar menos nos produtos a serem dominados e mais no indivíduo, que se tornará capaz de refletir, avaliar processos, ser criativo e criticar. Quando se pensa uma metodologia para desenvolver tais habilidades, a pesquisa é fundamental.

Através da pesquisa o aluno busca novos conhecimentos, ativando sua habilidade de criatividade, pois quando se depara com um problema no chão de fábrica estará aquém de um profissional criado nos moldes antigos de ensino.

O conhecimento do conhecimento deve aparecer como necessidade primeira, que servirá de preparação para enfrentar os riscos permanentes de erro e de ilusão, que não cessam de parasitar a mente humana. Trata-se de armar cada mente no combate vital rumo à lucidez (MORIN, 2000, p.14).

Assim, o ato de pesquisa resulta num estudante criativo, com dúvidas, um ser pensante capaz de modificar sua realidade e a da sua comunidade e capaz de ir em busca de novos desafios.

CAPÍTULO 5

Paulo Freire, em toda sua sabedoria diz que não há ensino sem pesquisa e nem pesquisa sem ensino.

Enquanto ensino, continuo buscando, re-procurando. Ensino porque busco, porque indaguei e me indago. Pesquiso para constatar, constatando, intervenho, intervindo, educo e me educo. Pesquiso para conhecer o que ainda não conheço e comunicar ou anunciar a novidade” (FREIRE, 1996, p. 32)

Muitos estudos apresentam diversos conceitos para pesquisa, porém todos concordam que ela é responsável pela busca de respostas para os problemas investigados, e para se encontrar as possíveis respostas, pois é através desta que se traça objetivos, justificam os resultados, logo a busca do conhecimento através da sistematização da pesquisa, objetiva descobrir, explicar e compreender os fatos.

Dessa forma o ato de pesquisar aponta para a direção correta da aprendizagem, respaldada pela elaboração própria, agregada ao processo formal e política, elevando, portanto, a capacidade do educando de aprender.

Segundo Demo (2002), aprender é uma necessidade, de ordem instrumental, mas a emancipação se processa pelo aprender a aprender. É fundamental portanto, ensinar, a pesquisa, ou seja, superar a mera aprendizagem”, ou seja, utilizar a pesquisa como um instrumento para traçar diferentes métodos de ensino.

Nesse sentido, Lakatos e Marconi (2001, p.38) citam que “Os desafios as crises que envolvem a educação apontam para a urgência de repensar as práticas pedagógicas, as interações e mediações com os alunos, com a comunidade escolar e com todos aqueles que adquirem contato introdutório com a pesquisa”.

A percepção dos alunos da utilidade futura do que aprendem hoje pode ter efeitos positivos para a sua motivação. De modo geral, os alunos mais motivados conferem maior valor às metas futuras.

Outro método pedagógico que pode fazer parte do cotidiano da sala de aula é o trabalho em equipe, mesmo que muitos alunos apresentam ainda certas dificuldades nesse tipo de interação, uma vez que é difícil trabalhar com os colegas, estabelecer prazos e exigir um resultado qualitativo, isso acontece porque cada um tem uma meta diferente em relação as notas e aprendizados, daí a necessidade do docente mediar todo o processo, mostrando a importância e a aplicação no mercado de trabalho.

CAPÍTULO 5

Diferente do modo de produção de massa, onde cada profissional era alienado a seu trabalho sem se preocupar ou interagir com o outro, atualmente uma habilidade bastante exigida é o trabalho em equipe, construir as relações Inter e intrapessoais.

De um modo geral, trabalhar em equipe pode render muitos benefícios para a vida profissional de qualquer área de atuação, pois o indivíduo aprende mais, a qualidade do trabalho pode ser melhor diminuindo também o tempo para exercício da tarefa, no entanto não é um processo tão fácil, pois é preciso dividir tarefas, cumprir seus prazos, buscar a excelência, entender que é preciso agir como time, para isso é fundamental um bom líder.

Na Área da Engenharia da Produção, trabalha-se em equipe porque a engenharia é interdisciplinar e utiliza várias áreas do conhecimento, portanto é necessário agregar outros profissionais e é esse profissional que as universidades estão formando, é ele quem vai aplicar os conhecimentos científicos, matemáticos e criatividade para desenvolver soluções para os problemas técnicos, ou seja esse aluno deve ter em mente que vai atuar diretamente em indústrias e empresas que necessitam de soluções de produção de bens e serviços, para aumentar a produtividade e o lucro da mesma.

Quando se inicia o trabalho em equipe na universidade, abre-se um leque para melhoria da formação do indivíduo em relação ao desenvolvimento das novas habilidades, logo, ao ingressar no mercado de trabalho ele estará apto para realizar as atividades requeridas pelas empresas e indústrias, uma vez que estará se aperfeiçoando nas relações sociais.

Buscar a criação de novas formas de conhecimento, não só rompendo com os limites disciplinares, mas também criando novos espaços onde o conhecimento pode ser produzido. [...] O conhecimento deve ser reinventado e construído, convidando-se os alunos para transpor limites, encorajando-os a pôr fim às disciplinas que separam a cultura superior da cultura popular, a teoria da prática, a política do cotidiano, a pedagogia da educação (GIROUX, 1992, p. 259).

Como já foi dito anteriormente, a tecnologia está presente na vida cotidiana e a facilidade de acesso também, e cada vez mais o uso dela vem sendo incorporado ao dia a dia do ser humano, prova disso no momento atual de pandemia. Pode-se perceber um atraso por parte de alguns países, como o Brasil por, não em relação

CAPÍTULO 5

aos equipamentos, mas sim talvez por falta de hábito, já que o uso da internet na maioria das vezes está vinculado diretamente as redes sociais.

Reaprender novas formas de aprendizagem, readaptar a agenda, trabalhar remotamente, estudar, enfim, desde a Pré-história até os dias atuais o homem aprendeu a usar o conhecimento para garantir sua sobrevivência.

A tecnologia está para a humanidade, assim como o fogo a maior das descobertas, mas a maneira de utilizá-la é que vai determinar o quão positiva ou negativa ela pode ser, com ela chegou-se a leitura do DNA, por exemplo.

Os produtos são produzidos em grande escala, até a vida no campo foi beneficiada com essa descoberta.

No campo da Logística também, hoje um produto chega em lugares que antes nunca chegariam, como a telemedicina que atende pacientes até em regiões de difícil acesso.

Por que então no espaço escolar ainda existe grande precariedade e certa resistência no uso dessas ferramentas para facilitar o processo de aprendizagem? Difícil responder, as vezes falta de recursos para investimento, outra, falta de mão de obra, pois raramente a cursos de formação continuada nessa área e as vezes até medo mesmo do docente em inovar, porque mudar o que está dando certo? Claro, em sua concepção, mas há necessidade de reestruturar o ensino, pois da maneira que se encontra, está defasado e cada vez menos interessante para o discente.

Enquanto instituição social e espaço de aprendizagem, preparatória para os desafios futuros e em tempos de conexão permanente, deve-se proporcionar ao educando o mundo digital. Nesse contexto, o uso da tecnologia na sala de aula tem uma função fundamental.

A educação em suas relações com a Tecnologia pressupõe uma rediscussão de seus fundamentos em termos de desenvolvimento curricular e formação de professores, assim como a exploração de novas formas de incrementar o processo ensino-aprendizagem. (CARVALHO, *et al.*, 2000, p. 15).

A percepção dos alunos da utilidade futura do que aprendem hoje pode ter efeitos positivos para a sua motivação. De modo geral, os alunos mais motivados conferem maior valor às metas futuras.

CAPÍTULO 5

O uso de jogos e simulações, por exemplo, é uma opção rica, em se tratando da evolução da civilização na capacidade de usar as abstrações, principalmente em sala de aula, uma vez que esse tipo de metodologia oferece uma forma de exploração ativa na simulação da preparação para o exercício do trabalho, transformando-se assim numa técnica de ensino e treinamento.

O uso de simulações, para os estudantes de Engenharia da Produção, auxilia na elucidação de problemas de produção e organizacionais. Desenvolvem sistemas de controle gerencial para auxiliar no controle de custos e gestão financeira, além de projetar sistemas de planejamento e controle da produção.

A sequência utilizada na aplicação de jogos e simulação é semelhante à usada na aprendizagem baseada em problemas, que visa a fixação de objetivos; o contexto; a identificação dos recursos; a sequência de interações e a ambientação como facilitador na aprendizagem.

A resolução de problema é um estímulo no processo de aquisição de conhecimento e no desenvolvimento de habilidades, pois utiliza várias áreas curriculares para a busca de soluções, podendo ser realizada individualmente e em grupos, pois todas as ideias levantadas de forma criativa, possibilita novos caminhos, auxiliando assim na prática profissional futura.

Para se manter num mercado competitivo, onde a tecnologia traz mudanças imprevisíveis, onde é preciso adaptação, uma das competências que o profissional deve ter é justamente a habilidade da resolução de problemas, pois a cada incerteza surgida, tem-se novos problemas que requerem novas soluções.

Conceituar problema é algo bem simples, pois ele é algo indesejável e requer sim uma prática para ser resolvido, pode-se sugerir aqui a partir da descoberta, utilize-se o Brainstorming como sugestão, que é uma explosão de ideias e é muito utilizado em algumas organizações. E pode ser perfeitamente adaptado para as simulações em sala de aula.

O professor pode também em vez de explicar conceitos e princípios lhes fornece exemplos e propor um problemas a partir dos quais os estudantes poderão chegar a estes conceitos e princípios, como exemplo pode-se tomar um conteúdo de matemática que utiliza uma fórmula pronta para resolução, se o aluno é levado a

CAPÍTULO 5

descobrir como chegar a tal fórmula, provavelmente não esquecerá mais, dificilmente lembraria se tivesse que decorar somente.

Provavelmente o professor terá que intervir muitas vezes, pois muitos erros ocorrerão ou falsas induções, mas é normal que isso aconteça e também é desta forma que em futuras soluções, os alunos saberão qual melhor caminho a seguir.

O que se propõe nessas metodologias inovadoras, não é deixar a teoria de lado, nem o conhecimento necessário para a formação e sim agregar a prática a teoria com problemáticas que auxiliarão o aluno a sair apto e com as devidas habilidades e competências para o mercado de trabalho.

Como sugestão existem alguns aplicativos que podem auxiliar, tanto em sala de aula, como fonte de exercício e também para o profissional já formado, como: Industrial Engineering, Blog Engenharia da Produção, Engenharia Industrial, Takt Time Calculator, Six Sigma Tools, Takt, Quick 066, Six Sigma Glossary, Lean Tools e Manufatura em foco.

O Industrial Engineering é um manual livre completo de Engenharia Industrial, que abrange temas importantes, notas, materiais, notícias e blogs sobre o assunto, com relação ao Blog Engenharia da Produção, este aplicativo foi desenvolvido através da fábrica de aplicativos, que é uma plataforma que auxilia na criação de aplicativos. Este aplicativo facilita o acesso as informações atualizadas do blog Engenharia de Produção, através do smartphone. Apresenta os seguintes conteúdos: página principal do Blog Engenharia de Produção, apresentações dos temas de engenharia de produção, cursos ofertados pelos parceiros (six sigma e lean manufacturing), livros recomendados, e atualizações do twitter entre outras informações.

Já o Takt Time Calculator, este aplicativo realiza o cálculo do Takt time, que é a quantidade da demanda de seu cliente. O usuário deverá apenas inserir as informações pertinentes para realização do cálculo, enquanto o Six Sigma Tools, Seis Sigma Ferramentas App foi criado para assistir, ouvir e entender as ferramentas Six Sigma usados em várias fases da metodologia Seis Sigma, o Takt, é perfeito para qualquer fábrica, célula de produção e basta fornecer a demanda do cliente em unidades/dia, e disponibilidade da célula de produção. Ao usar este aplicativo simples de AutoLean, pode-se entender o ritmo ou cadência do seu processo de fabricação.

CAPÍTULO 5

E por fim a Manufatura em foco, que são revistas de bolso, idealizada por doutores e mestres em engenharia especializados em negócios.

Esses aplicativos são somente dicas para uma metodologia diferenciada, que poderão auxiliar na motivação do aluno em sala.

As diferentes competências comunicativas, a capacidade de compreender e de posicionar-se diante das informações recebidas, aprender com o novo, são questões a serem repensadas caso o docente enquanto mediador, tenha o desejo de continuar sendo um meio de informação, além de desenvolver técnicas para além disso.

Toda essa discussão levantada é um grande avanço no que tange as futuras construções de concepção de mundo, de homem e de educação, pois se não o fizer, não propiciar ao educando esse contato com a tecnologia da informação a serviço do favorecimento na sua formação estará se perdendo a capacidade de lidar com o diferente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O espaço escolar é aonde acontece o desenvolvimento de habilidades e capacidades dos estudantes, deve-se lembrar em toda sua concepção que é dele a responsabilidade de formar cidadãos conscientes de suas responsabilidades e capazes de interferir nos conhecimentos já produzidos e desenvolver novas soluções para aplicá-los na sua vida futura. Piaget cita que “A principal meta da educação é criar homens que sejam capazes de fazer coisas novas, não simplesmente repetir o que outras gerações já fizeram”.

O papel do professor em sala de aula, vai para além de um simples sujeito do processo ensino-aprendizagem, como era na Pedagogia Tradicional, ele vem mudando ao longo do tempo, porque a sociedade mudou, o avanço tecnológico contribuiu para esse fator também, não podemos excluir esse fator das salas de aulas.

As universidades são as maiores responsáveis em formar indivíduos que vão atuar no mercado de trabalho, incoerente seria manter-se dentro de quatro paredes e não

CAPÍTULO 5

aplicar novas práticas pedagógicas no seu interior, visto que a sociedade está inserida num contexto de globalização, de avanço tecnológico e das informações.

Atualmente o profissional é avaliado pelas suas competências e habilidades, logo, somente conhecimentos teóricos sem aplicabilidade na prática, não dão conta dessa demanda.

Apesar da profissão de Engenharia da Produção ter sido criada com a Revolução Industrial e muitas fábricas ainda manterem seu modelo Fordista ou Taylorista de produção, a competição do mercado abriu um leque para esse profissional atuar numa área muito mais ampla, para isso faz-se necessário um olhar mais atento por parte de todo o corpo docente.

As metodologias educacionais apesar de todas essas mudanças, ainda devem passar por uma reinvenção; os currículos trazem os conteúdos historicamente produzidos no decorrer da história, porém o planejamento deve flexibilizar o corpo docente para que possa aplicar técnicas diferentes de ensino, ou seja de metodologias que procurem manter a atenção dos alunos, que em sua maioria tem jornadas duplas, faculdade e trabalho.

Manter a atenção do estudante, fazer uma aula interessante, agregar a tecnologia as suas aulas, são apenas alguns passos para transformar a realidade em sala, não cabe mais utilizar somente quadro e giz.

Um dos aspectos bem relevante é o fato do professor ter que conhecer as expectativas do aluno e suas necessidades para que possa moldar a grade curricular e se utilizar de metodologias que atinjam realmente esse objetivo. De igual maneira, a disciplina ministrada deve estar totalmente ligada às necessidades do curso que enfrente às necessidades mercadológicas.

O Professor não é o único culpado pela desmotivação, uma vez que também por todo o contexto de desvalorização, se sente desanimado também, e o que se percebe que a culpa é do processo ensino-aprendizagem, parece que a relação existente é somente essa, o sistema e a falta de investimento, as crises geradas pela globalização também deveriam ter sua parcela de culpa.

A formação de um aluno para a exigência atual de perfil profissional, deveria ser repensada, são novas concepções de homem, sociedade e educação, vale

CAPÍTULO 5

ressaltar que não cabe mais pensar nesse aluno como receptor, sem que haja troca de conhecimentos, de informações.

Algumas estratégias podem ser adotadas para tornar a aula mais interessante, como os trabalhos em equipe e a problematização, com o auxílio do Brainstorming por exemplo, pois o Brasil é excelência em qualidade e porque não as aplicar nos exercícios em sala, uma vez que tais ferramentas estarão disponíveis no mercado.

O objetivo não é esquecer a teoria, ela é importante, mas a maneira de transmiti-la que deve ser reconsiderada, pois, a organização dos cursos e da grade curricular parece lógica quando entende-se os conteúdos que a constituem, porém, isto não significa que os cursos sejam organizados segundo uma ordem adequada para os alunos quando não se considera este como construtor e possuidor de ideias e se não organizarmos esse ensino a partir do que o aluno já possui, a aprendizagem não será facilitada, nada mudará, ele continuará desanimado, num processo de fingimento de ensino e de aprendizagem.

A discussão não termina aqui, esse estudo abre leques para novas pesquisas de como ministrar a aula diante dessa geração que já vem carregada dos acessos digitais. Sabe-se que a Educação sempre caminhou de forma lenta e todos os avanços educacionais foram construídos a base de muitas lutas.

REFERÊNCIAS

BAUMAN, Zygmunt. **O mal-estar da Pós-Modernidade**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.

BELHOT, R.V. (1997). **Reflexões e propostas sobre o “ensinar engenharia” para o século XXI**. São Carlos. 113p. Tese (Livre-docência) -Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

BODNER, G.M. **Why changing the curriculum may not be enough**. Journal of Chemical Education, v.69, n.3, p.186-190, 1992.

CHIAVENATO, Júlio José. **O golpe de 64 e a ditadura militar**. 2. ed. São Paulo: Ed. Moderna, 2004.

CARVALHO, Marília G.; Bastos, João A. de S. L., Kruger, Eduardo L. de A. **Apropriação do conhecimento tecnológico**. CEEFET-PR, 2000.

DEMO, P. **Saber pensar**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2001.

CAPÍTULO 5

DEMO, **Pesquisa: princípio científico e educativo**. 9. ed. São Paulo: Cortez, 2001.

DEMO. **Desafios modernos da educação**. 12. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. São Paulo: Paz e Terra, 1997.

GASPARIN, João Luiz. **Uma Didática para a Pedagogia Histórico-Crítica**.

Campinas: Autores Associados, 2005.

GIROUX, Henry. **Os professores como intelectuais – Rumo a uma pedagogia crítica da Aprendizagem**. Trad.: Daniel Bueno. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

_____. **Escola crítica e política cultural**. 3. ed. Trad. Dagmar Zibas. São Paulo: Cortez/Autores Associados, 1992. Coleção Polêmicas do nosso tempo.

Góes, M. C. R. de (1991) **A natureza social do desenvolvimento psicológico**. *Cadernos Cedes* 24.

KUPFER, Maria Cristina. **Freud e a Educação – O mestre do impossível**. São Paulo: Scipione, 1995.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LIBÂNEO, José Carlos; OLIVEIRA, João Ferreira de; TOSCHI, Mirza Seabra. **Educação Escolar: Políticas, Estrutura e Organização**. 10. ed. Ver. Amp. São Paulo: Cortez, 2012.

MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 2ª ed. São Paulo: Cortez, Brasília, DF: UNESCO, 2000.

PIAGET, Jean. **Psicologia e Pedagogia**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1976

CAPÍTULO

6

Reconhecimento de dígitos numéricos manuscritos baseado em segmentação de imagens e Redes Neurais Convolucionais

Handwritten numeric digits recognition based on images segmentation and Convolutional Neural Networks

João Vargas Neto¹

Jorge Luiz Dos Santos Canuto¹

Anne Gabrielle Kessa Piai¹

Edwin Vladimir Cardoza Galdamez²

Rodrigo Clemente Thom de Souza^{1 2 3}

¹ Campus Jandaia do Sul - UFPR

² Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UEM

³ Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação - UEM

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.6



AYA EDITORA

CAPÍTULO 6

Resumo: A avaliação de crianças em fase de alfabetização trata-se de um processo em que o professor avalia a aquisição tanto da base alfabética, quanto numérica. Este processo pode ser demorado e de difícil realização. A fim de automatizar esta tarefa docente, o presente artigo propõe a aplicação de uma solução de processamento digital de imagens envolvendo segmentação e reconhecimento de dígitos numéricos manuscritos. Para segmentação foram aplicados histogramas, limiarização de intensidade e detecção de bordas. Para classificação são comparadas diferentes arquiteturas de Redes Neurais Convolucionais (CNN). O conjunto de dados de dígitos manuscritos trata-se do *benchmark Modified National of Standards and Technology* (MNIST). Os resultados indicam que as CNNs foram acuradas para a tarefa a que foram submetidas, com especial destaque para a arquitetura VGG16.

Palavras-chave: segmentação de imagem. redes neurais convolucionais. classificação. MNIST.

Abstract: The assessment of children in the literacy phase is a process in which the teacher assesses the acquisition of both the alphabetical and numerical basis. This process can be time-consuming and difficult to perform. In order to automate this teaching task, this article proposes the application of a digital image processing solution involving segmentation and recognition of handwritten numeric digits. For segmentation, histograms, intensity threshold and edge detection were applied. For classification, different architectures of Convolutional Neural Networks (CNN) are compared. The handwritten digit data set is the Modified National of Standards and Technology (MNIST) benchmark. The results indicate that the CNNs were accurate for the task to which they were submitted, with special emphasis on the VGG16 architecture.

Keywords: Image segmentation. Convolutional Neural Networks. Classification. MNIST.

INTRODUÇÃO

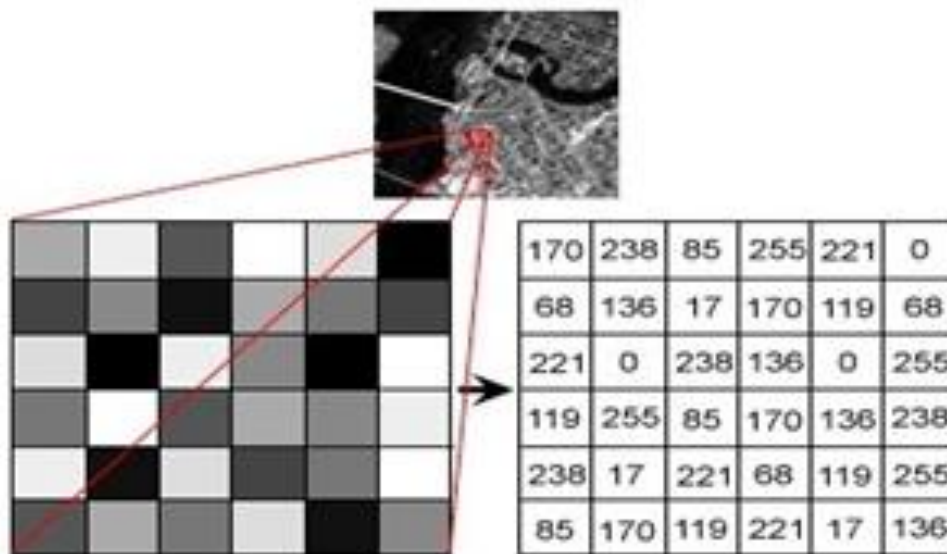
A avaliação de crianças em fase de alfabetização trata-se de um processo em que o professor avalia a aquisição tanto da base alfabética, quanto numérica. Este processo pode ser demorado e de difícil realização. A fim de automatizar esta tarefa docente, o presente artigo propõe a aplicação de uma solução de processamento digital de imagens envolvendo segmentação e reconhecimento de dígitos numéricos manuscritos. Para tanto, os números escritos pelos alunos poderiam ser digitalizados na forma de imagens e, posteriormente, aplicados os algoritmos para segmentação de cada dígito e, em seguida, os algoritmos para reconhecimento (classificação) de cada dígito isoladamente.

CAPÍTULO 6

Primeiramente, é importante ter alguns conceitos em mente sobre o funcionamento dos algoritmos para processamento digital de imagens. Uma imagem, a grosso modo, é “vista” pelo computador em preto e branco, mas na verdade ela é representada em níveis de uma escala de cinza, na qual estes níveis variam entre as tonalidades do preto (menor intensidade, 0) até e o branco (maior intensidade, 255). Estes valores são para uma imagem de tamanho 16x16 com 256 pixels de resolução (variação entre 0 e 255), e isto é representado em uma matriz bidimensional onde cada variação de tonalidade representa um valor de um pixel específico.

A Figura 1 apresenta uma imagem em escalas de cinza (*grayscale*).

Figura 1 – Imagem em escalas de cinza.



Fonte: Clappis (2009).

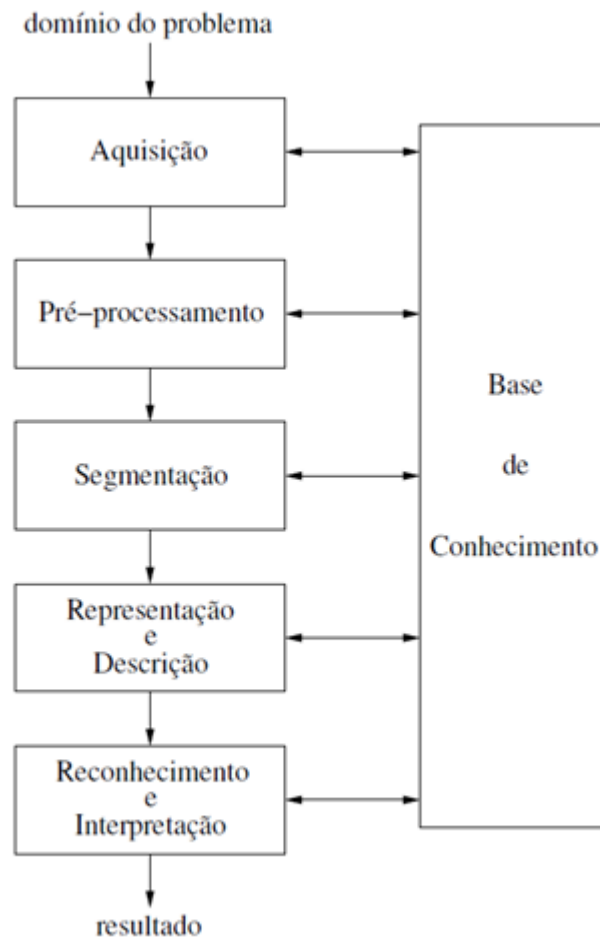
O processamento digital de imagens trata-se de um conjunto de processos interligados que se inicia na captura da imagem e perpassa até ser digitalizada para então ser representada de maneira adequada em visão computacional.

Também é realizado o pré-processamento, a filtragem de ruídos, correção de distorções geométricas (extração de bordas, texturas, vizinhanças e movimento), para então segmentar a imagem e classificá-la.

A Figura 2 apresenta um exemplo de procedimento de processamento digital de imagens.

CAPÍTULO 6

Figura 2 - Tarefas no processamento digital de imagens.



Fonte: Pedrini (2020)

CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS (CNN)

As CNNs são um dos vários tipos de redes neurais, e elas possuem três camadas, a convolucional, a de agrupamento e a camada totalmente conectada. Essas camadas, respectivamente, extraem características da imagem, transforma os valores de entrada em valores representativos junto com a redução das dimensões espaciais para então identificar padrões realizar classificações.

As CNNs possuem diferentes tipos de arquiteturas, onde cada tipo possui alguma mudança/alteração específica em seu escopo, em relação a outra. Essas mudanças influenciam diretamente no resultado final da análise.

Diversos trabalhos vêm sendo publicados ao longo dos últimos anos sobre a aplicação de CNNs para classificação das imagens do conjunto MNIST (LECUN,

CAPÍTULO 6

1998), dentre eles se podem destacar estudos pioneiros como o de KUSSUL e BAIDYK (2004), e trabalhos mais recentes, como os de AHLAWAT e CHOUDHARY (2020), KAYUMOV et al. (2020) e GUPTA e BAG (2021).

Neste trabalho serão apresentados 6 tipos de arquiteturas de redes neurais (NN), sendo elas: DenseNet121, DenseNet201, ResNet50, MobileNet, VGG16 e VGG19. A fim de testá-las e avaliá-las para descobrir qual seria a mais adequada, levando em consideração aquela que possuir a maior acurácia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Conjunto de dados

Os dados utilizados são provenientes da base de dados MNIST que se tornou popular e comumente usada para testar diferentes algoritmos de ML e DL, principalmente as CNNs. O MNIST contém imagens de dígitos manuscritos do número 0 até o número 9 com dimensões 28x28. Além disso, possui um total de 70.000 imagens rotuladas, com 60.000 imagens para treinamento e 10.000 imagens para teste.

Metodologia

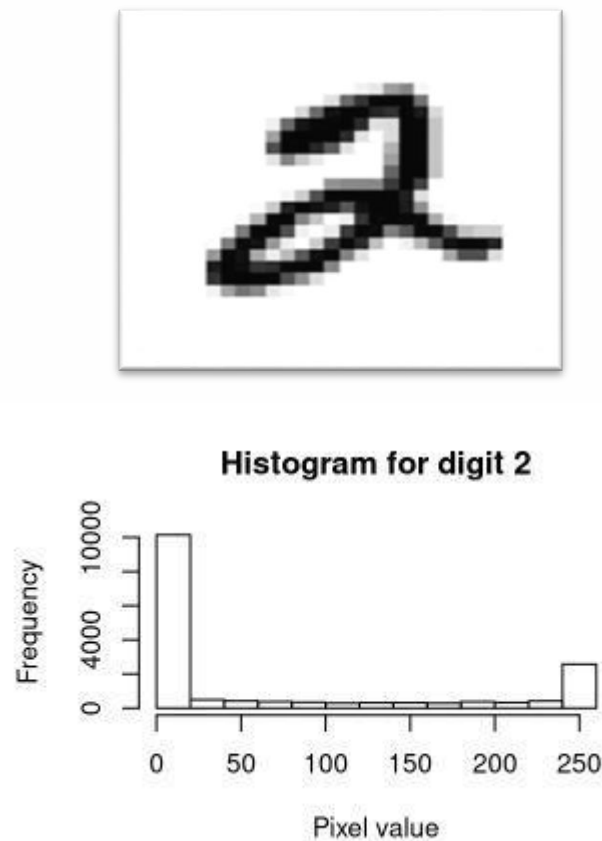
Para o presente trabalho utilizamos o Google Colaboratory, que possui processamento em nuvem, suporte de aceleração de hardware, tanto para CPU quanto GPU. O Colab usa a linguagem Python e conta com várias bibliotecas disponíveis inclusive bibliotecas Keras.

Para a etapa de segmentação das imagens foram gerados histogramas, aplicado o limiar de intensidade e a detecção de bordas.

Também conhecidos como diagrama de dispersão de frequência, os histogramas deste artigo apresentam as distribuições das variações das tonalidades de cada pixel da imagem.

CAPÍTULO 6

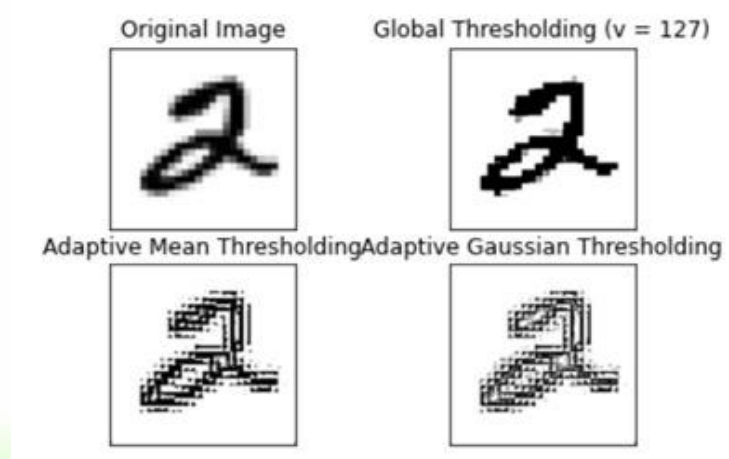
Figura 3 – Exemplo de histograma de uma das imagens de dígitos manuscritos



Fonte: Cichy (2019)

Quanto ao limiar de intensidade, é aplicado para se analisar a similaridade de níveis de cinza a fim de extrair objetos específicos em função de um limiar T que separa os agrupamentos de escala de cinza da imagem. A intensidade é quantidade de preto no branco.

Figura 4 – Exemplo de limiar de intensidade de uma das imagens de dígitos manuscritos



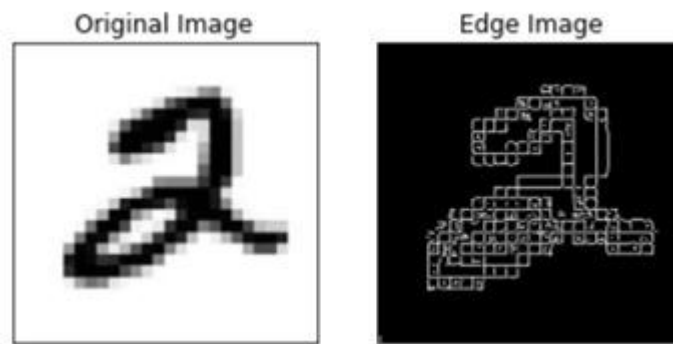
Fonte: Os autores.

CAPÍTULO 6

A detecção de borda é usada para identificar os elementos chaves que separam a figura do fundo da imagem. Em outras palavras a borda é um tipo de fronteira entre as regiões da imagem (número e fundo).

Para realizar a detecção são aplicados filtros usando derivadas, juntamente com as máscaras convolucionais.

Figura 5 - Exemplo de detecção de bordas de uma das imagens de dígitos manuscritos.



Fonte: Os autores.

As arquiteturas de CNN utilizadas para reconhecimento dos dígitos após a aplicação da segmentação foram: DenseNet121 (HUANG *et al.*, 2017), ResNet50 (HE *et al.*, 2016), MobileNet (HOWARD *et al.*, 2017), VGG16 (SIMONYAN e ZISSERMAN, 2014), VGG19 (SIMONYAN e ZISSERMAN, 2014) e DenseNet201 (HUANG *et al.*, 2017). Os treinamentos de todas as arquiteturas foram realizados com 60.000 imagens em 10 épocas e os testes ocorreram com 10.000 imagens. As métricas para avaliação comparativa de desempenho das arquiteturas foram: *Accuracy* (Eq. 1), *Precision* (Eq. 2), *Recall* (Eq. 3) e *F1-Score* (Eq. 4).

$$Acc = \frac{Totaldeclassificações}{Quantidadedeacertos} \quad (1)$$

$$Prec = \frac{VP}{(VP+FP)} \quad (2)$$

$$Rec = \frac{VP}{(VP+FN)} \quad (3)$$

$$F1 = \frac{2*(precisão*revocação)}{(precisão+revocação)} \quad (4)$$

CAPÍTULO 6

Utilizamos uma abordagem de transferência de aprendizagem que inicializa os pesos do modelo treinado em um conjunto de dados maior, nesse caso utilizamos os pesos do ImageNet. Cada arquitetura foi utilizada na prática como extrator de recursos fixo, ou seja, congelamos a parte inferior do modelo e treinamos apenas as camadas totalmente conectadas.

Também foi usado o redimensionamento de imagem para adaptar as dimensões das imagens do conjunto MNIST, que é 28x28, a entrada das CNNs, que possuem como menor entrada possível a forma 32x32.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desempenho geral de um modelo é dado pela acurácia. As acurácias obtidas na etapa experimental são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1-Acurácias

Arquitetura	Acurácia
DenseNet121	0.97
DenseNet201	0.90
ResNet50	0.95
MobileNet	0.97
VGG16	0.98
VGG19	0.87

Fonte: Os autores.

Em termos de acurácia observamos que a arquitetura VGG16 apresentou o melhor resultado, inclusive quando comparamos com a sua variante VGG19. De acordo com os resultados, percebemos nem sempre o aumento da complexidade da rede por meio da adição de camadas resulta em um melhor desempenho.

As tabelas 2, 3, 4, 5, 6 e 7 mostram os resultados para as demais métricas.

CAPÍTULO 6

Tabela 2 - Resultado DenseNet121

Classe	Precisão	Revocação	Pontuaçãoção f1	Quantidade de imagens
0	0.98	0.99	0.98	980
1	0.99	0.99	0.99	1135
2	0.96	0.97	0.97	1032
3	0.97	0.98	0.98	1010
4	0.97	0.98	0.97	982
5	0.98	0.97	0.98	892
6	0.98	0.98	0.98	958
7	0.97	0.97	0.97	1028
8	0.97	0.97	0.97	974
9	0.98	0.94	0.96	1009
macro avg	0.97	0.97	0.97	10000
weighted avg	0.97	0.97	0.97	10000

Fonte: Os autores.

Tabela 3 - Resultado DenseNet201

Classe	Precisão	Revocação	Pontuaçãoção f1	Quantidade de imagens
0	0.95	0.97	0.96	980
1	0.95	0.98	0.97	1135
2	0.85	0.82	0.83	1032
3	0.91	0.90	0.90	1010
4	0.89	0.92	0.91	982
5	0.84	0.84	0.84	892
6	0.94	0.95	0.95	958
7	0.92	0.87	0.89	1028
8	0.89	0.91	0.90	974
9	0.89	0.89	0.89	1009
macro avg	0.90	0.90	0.90	10000
weighted avg	0.90	0.90	0.90	10000

Fonte: Os autores.

CAPÍTULO 6

Tabela 4 - Resultado MobileNet

Classe	Precisão	Revocação	Pontuação f1	Quantidade de imagens
0	0.96	0.98	0.97	980
1	0.97	0.98	0.98	1135
2	0.94	0.94	0.94	1032
3	0.94	0.97	0.95	1010
4	0.95	0.95	0.95	982
5	0.95	0.94	0.94	892
6	0.96	0.95	0.96	958
7	0.94	0.96	0.95	1028
8	0.92	0.94	0.93	974
9	0.97	0.90	0.93	1009
macro avg	0.95	0.95	0.95	10000
weighted avg	0.95	0.95	0.95	10000

Fonte: Os autores.

Tabela 5 - Resultado ResNet50

Classe	Precisão	Revocação	Pontuação f1	Quantidade de imagens
0	0.97	0.99	0.98	980
1	0.98	0.99	0.98	1135
2	0.97	0.97	0.97	1032
3	0.96	0.98	0.97	1010
4	0.97	0.97	0.97	982
5	0.97	0.97	0.97	892
6	0.97	0.98	0.97	958
7	0.97	0.95	0.96	1028
8	0.96	0.96	0.96	974
9	0.96	0.95	0.95	1009
macro avg	0.97	0.97	0.97	10000
weighted avg	0.97	97	0.97	10000

Fonte: Os autores.

CAPÍTULO 6

Tabela 6 - Resultado VGG16

Classe	Precisão	Revocação	Pontuaçãoção f1	Quantidade de imagens
0	0.99	0.99	0.99	980
1	0.99	0.99	0.99	1135
2	0.99	0.98	0.98	1032
3	0.99	0.98	0.98	1010
4	0.98	0.99	0.98	982
5	0.98	0.99	0.98	892
6	0.99	0.98	0.99	958
7	0.98	0.98	0.98	1028
8	0.98	0.98	0.98	974
9	0.98	0.97	0.97	1009
macro avg	0.98	0.98	0.98	10000
weighted avg	0.98	0.98	0.98	10000

Fonte: Os autores.

Tabela 7 - Resultado VGG19

Classe	Precisão	Revocação	Pontuaçãoção f1	Quantidade de imagens
0	0.91	0.94	0.93	980
1	0.94	0.97	0.96	1135
2	0.75	0.79	0.77	1032
3	0.87	0.87	0.87	1010
4	0.85	0.90	0.87	982
5	0.82	0.75	0.78	892
6	0.94	0.94	0.94	958
7	0.89	0.74	0.81	1028
8	0.84	0.88	0.86	974
9	0.85	0.85	0.85	1009
macro avg	0.87	0.86	0.86	10000
weighted avg	0.87	0.87	0.86	10000

Fonte: Os autores.

A arquitetura VGG16 novamente apresenta os melhores resultados em termos de precisão, revocação e pontuaçãoção f1. A superioridade da VGG16 pode ser explicada por uma melhor extração automática de recursos das imagens contidas na tarefa em questão.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho foram esclarecidos conceitos essenciais para o entendimento e funcionamento do processamento digital de imagens em conjunto de dados MNIST, a fim de testá-las para descobrir qual apresenta melhores resultados para a tarefa de classificação de dígitos manuscritos feito por crianças em fase de alfabetização.

Os resultados indicam que as CNNs foram acuradas para a tarefa a que foram submetidas. A partir da comparação entre as arquiteturas ficou explícito que a VGG16 seria a mais adequada para a tarefa de classificação, isto em função de seu aprendizado mais rápido em relação as demais arquiteturas. Observamos também que o aumento da complexidade do modelo por meio da adição de camadas nem sempre resulta em um melhor desempenho. Outras CNNs com bom desempenho foram as arquiteturas DenseNet121 e ResNet50.

REFERÊNCIAS

AHLAWAT, S., CHOUDHARY, A. Hybrid CNN-SVM Classifier for Handwritten Digit Recognition. *Procedia Computer Science*, pp. 2554-2560, Volume 167, 2020.

CICHY, T. MNIST R Deep Learning. Disponível em: <https://tomaszcichy.com/data/r_deep/mnist#5_references_and_links>Acessado em 25 set. 2020.

CLAPPIS, A. M. Uma introdução as redes neurais convolucionais utilizando o Keras Disponível em: <<https://medium.com/data-hackers/uma-introdu%C3%A7%C3%A3o-as-redes-neurais-convolucionais-utilizando-o-keras-41ee8dcc033e>>Acesso em: 21 set. 2020.

GONZALEZ, R. C; WOODS, R. E. *Processamento Digital de Imagens*. Ed.Pearson, 2011.

GUPTA, D., BAG, S. CNN-based multilingual handwritten numeral recognition: A fusion-free approach. *Expert Systems with Applications*, Volume 165, 113784, 2021.

HE, K; ZHANG, X; REN, S; SUN, J. Deep Residual Learning for Image Recognition. Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/1512.03385.pdf>> Acesso em 25 set. 2020.

HOWARD, A. G et al. MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications. Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/1704.04861.pdf>> Acesso em 25 set. 2020.

HUANG, G; LIU. Z; MAATEN, L. Densely Connected Convolutional Networks. Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/1608.06993.pdf>> Acesso em 25 set.2020.

CAPÍTULO 6

KAYUMOV, Z., TUMAKOV, D., MOSIN, S. Hierarchical Convolutional Neural Network for Handwritten Digits Recognition. *Procedia Computer Science*, pp. 1927-1934, Volume 171, 2020.

KUSSUL, R., BAIDYK, T. Improved method of handwritten digit recognition tested on MNIST database. *Image and Vision Computing*, pp. 971-981, Volume 22, Issue 12, 2004.

LECUN, Yann. The MNIST database of handwritten digits. <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/>, 1998.

PEDRINI, H. Introdução ao Processamento Digital de Imagem MC920 / MO443. Disponível em: <https://www.ic.unicamp.br/~helio/disciplinas/MC920/aula_introducao.pdf> Acesso em 25 set. 2020.

SIMONYAN, K; ZISSERMAN, A. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/1409.1556.pdf>> Acesso em 25 set. 2020.

CAPÍTULO

1

Análise ergonômica e eletromiográfica das atividades musculares na linha de produção do setor automotivo para melhorias biomecânicas

Ergonomic and electromyographic analysis of muscle activities in the production line of the automotive sector for biomechanical improvements

Carlos López Noriega¹

Fernanda Pericinotto^{1 2}

Leonardo Sobral^{1 2}

Roberta Vieira Raggi³

¹Grupo de Pesquisa em Neuromecânica Aplicada e Ergonomia, Universidade São Judas Tadeu

²Faculdade de Ciências Exatas, Engenharia de Controle e Automação - Universidade São Judas Tadeu

³Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.7



AYA EDITORA

CAPÍTULO 7

Resumo: O presente estudo apresenta a importância da aplicação da ergonomia no ambiente industrial, visando analisar a adaptação de projetos de postos de trabalho mediante a redução da atividade muscular dos movimentos dos operadores da linha estudada. A empresa em análise pertence ao mercado de autopeças, com presença de mais de 50 anos no setor. Foi realizado um estudo da análise antropométrica, visando obter os valores ideais para altura dos postos de trabalho. Foi realizada também uma análise eletromiográfica dos principais músculos envolvidos nas atividades executadas na linha de montagem, avaliando o movimento padrão versus o mesmo movimento, mas contendo algumas adaptações biomecânicas propostas por este estudo. Através desta análise eletromiográfica foi possível determinar quais posições e movimentos contendo as adaptações biomecânicas refletem menores índices de atividade muscular e, portanto, caracterizariam menor dano ao colaborador no momento em que exerce as atividades que lhe foram requeridas, diminuindo assim as Lesões por Esforço Repetitivo ou Distúrbio Osteomusculares Relacionados ao Trabalho.

Palavras-chave: ergonomia. eletromiografia. biomecânica. LER/DORT. neuromecânica.

Abstract: The present study presents the importance of the application of ergonomics in the industrial environment, aiming to analyze the adaptation of workstation projects by reducing the muscular activity of the movements of the operators of the studied line. The company under analysis belongs to the auto parts market, with a presence in the sector for more than 50 years. An anthropometric analysis study was carried out, aiming to obtain the ideal values for the height of the workstations. An electromyographic analysis of the main muscles involved in the activities performed on the assembly line was also performed, evaluating the standard movement versus the same movement, but containing some biomechanical adaptation. Through this electromyographic analysis it was possible to determine which positions and movements containing the biomechanical adaptations reflect lower levels of muscle activity and therefore would characterize less damage to the employee at the time of performing the activities that were required, thus decreasing Repetitive Strain Injuries or Work-related Musculoskeletal Disorders.

Keywords: ergonomics. electromyography. biomechanics. RSI/WRMD. neuromechanics.

INTRODUÇÃO

A disputa entre as organizações no mercado estão cada vez mais acirradas (SILVA; FONSECA, 1996), com isso o estudo da ergonomia torna-se cada dia mais importante para que as organizações obtenham alguma vantagem sobre seus concorrentes, melhorando assim as condições de trabalho de seus colaboradores, aprimorando suas metodologias de trabalho, visando qualidade em todo o ambiente industrial, a

CAPÍTULO 7

qualidade de vida de seus colaboradores e que, principalmente, sejam capazes de manter um fluxo adequado de produção por evitar afastamentos por Lesões por Esforço Repetitivo (LER) ou Distúrbio Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) (DELWING, 2007). Segundo (Lida, 2005) a ergonomia deve ser aplicada desde as etapas iniciais do projeto de uma máquina, sistema, ambiente ou local de trabalho, no entanto as vezes é necessário adotar soluções de compromisso visando a segurança do trabalhador, mas levando em consideração as restrições econômicas, prazos exíguos ou atitudes conservadoras da organização.

A aplicação da ergonomia na indústria é realizada identificando os locais onde ocorrem problemas ergonômicos mais graves. Estes podem ser reconhecidos por certos sintomas como alto índice de erros, acidentes, doenças e rotatividade de empregados. Por trás dessas evidências pode estar ocorrendo falhas na organização do trabalho, inadaptação das máquinas ou condições ambientais (LIDA, 2005).

O emprego de técnicas ergonômicas quando realizados de maneira efetiva, provoca resultados importantes para a organização, elevando as condições de trabalho e diminuindo as exigências biomecânicas requisitadas durante a jornada de trabalho (SLACK, 2002).

O movimento de rotação do tronco, principal objeto de pesquisa, é um movimento multiarticular e tridimensional, que possui ação sinérgica complexa, em que vários músculos participam do movimento em questão (KENDALL *et al.*, 2007), são eles: Deltoide, Biceps Brachii, Erector Spinae e o Trapezius.

O músculo deltoide é constituído em três partes: porção clavicular (ou anterior), porção acromial (ou média) e porção espinal (ou posterior). Os movimentos das diferentes porções do deltoide interagem de forma sinérgica ou antagônica, movimentando e estabilizando a articulação do ombro (ASPDEN; BORNSTEIN; HUKINS, 1987).

A função do Bíceps consiste basicamente em promover a flexão do braço. A cabeça longa puxa o braço para longe do tronco (abdução) e o roda internamente (rotação interna), enquanto a cabeça curta puxa o braço novamente em direção ao tronco (adução) (ASPDEN; BORNSTEIN; HUKINS, 1987). Quando ambas as cabeças se contraem simultaneamente ocorre uma dobra do braço (flexão). No cotovelo o músculo dobra o antebraço (flexão) e o roda externamente (supinação). A supinação

CAPÍTULO 7

é mais poderosa com o cotovelo flexionado. Além das funções de movimentação, o bíceps possui a importante tarefa de segurar a cabeça umeral na articulação do ombro (ASPDEN; BORNSTEIN; HUKINS, 1987).

O trapézio é o músculo responsável por conectar os membros inferiores ao tronco, possuindo então função de movimentação do corpo. O músculo eleva, retrai e roda a escápula. As fibras superiores elevam, as médias retraem, e as inferiores deprimem a escápula (KENDALL *et al.*, 2007).

Finalmente, os Erector Spinae, ou músculos eretores da coluna, são componentes torácico e lombar do eretor da espinha, potentes extensores da coluna vertebral (KENDALL *et al.*, 2007). Agindo bilateralmente e de forma concêntrica, eles estendem o tronco. A contração unilateral do músculo produz flexão lateral do tronco (ASPDEN; BORNSTEIN; HUKINS, 1987).

Para a análise dos os músculos citados, necessários ao movimento de rotação do tronco, foi utilizada a técnica de eletromiografia. A técnica de eletromiografia compreende-se no monitoramento da atividade elétrica muscular, ou mioelétrica, proveniente do sistema nervoso (DE LUCA, 1997) e é utilizada na ergonomia para estimar a magnitude da força exercida nos movimentos provenientes da atividade muscular (THEADO; KNAPIK; MARRAS, 2007). Os potenciais de ação propagados nos músculos, através das unidades motoras, são deflagrados através de um eletromiógrafo. Posteriormente são analisados por sua voltagem em relação ao tempo. Tal análise possibilita identificar os picos de tensão emitidos pelo músculo, associados ao instante em que o pico se deu, no período de tempo em que foi realizado o movimento, além da fadiga muscular do músculo estudado (DE LUCA, 1997; DUCHENE; GOUBEL, 1993). A fim de evitar variações de pesquisas anteriores ou futuras, escolheu-se utilizar o método proposto pelo SENIAM (Surface EMG for a Non-Invasive Assessment of Muscles), que define parâmetros para a captação do sinal eletromiográfico. As pesquisas relacionadas a este mesmo tema, em sua maioria, não compreendem a análise do movimento de rotação do tronco baseados na altura de bancada de trabalho, o qual é o principal enfoque da presente pesquisa. Os estudos se dão em razão da análise vertical do solo em relação ao centro de massa, ou quaisquer movimentos que compreendam atenuar os esforços repetidos, e melhorar o desempenho do indivíduo em quaisquer esportes estudados que exijam movimentos de rotação de tronco contínuos.

CAPÍTULO 7

A empresa em análise está presente mais de 50 anos no mercado de autopeças, especificamente turbo compressores. Seus produtos são utilizados em inúmeras séries de automobilismo e suporta corridas de carros esportivos, corridas de arrancada, corridas de rally e corridas de roda aberta. Esta fabricante de turbos compressores possui 6 linhas de montagem, cada uma delas atende a clientes e demandas específicas. A linha de montagem estudada neste trabalho correspondeu em 2018 a 38% do volume de produção total da empresa e responsável por 42% do faturamento de 2018 (Dados da empresa – Unidade Brasil). Logo, é o produto mais importante produzido por esta fabricante. O funcionamento desta linha se dá de forma constante, não havendo possibilidade de intervalos.

Para tanto, o presente estudo busca quantificar os níveis das atividades musculares dos músculos estudados durante a execução da tarefa de produção de uma autopeças, de maneira a propor mudanças biomecânicas por meio da análise dos resultados, com o intuito de reduzir a fadiga durante a jornada de trabalho bem como os riscos de lesão por esforço repetitivo.

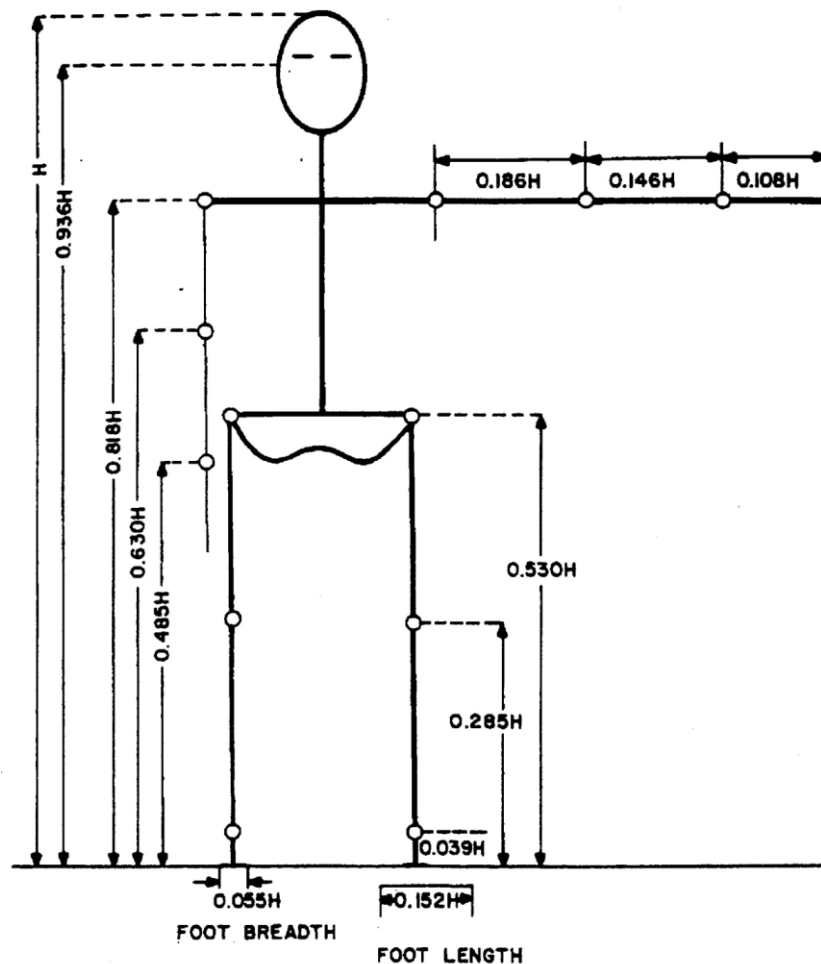
MATERIAIS E MÉTODOS

Métodos

Para realizar a análise antropométrica da população da indústria do estudo de caso em questão, foram coletadas todas as informações disponibilizadas nas fichas do Checklist de Couto ($n=14$, idade= $41,4 \text{ anos} \pm 14,7$, massa= $86,07\text{Kg} \pm 14,1$, altura= $1,73\text{m} \pm 0,03$). Foi determinada a altura da bancada mediante o cálculo das proporções (figura 1).

CAPÍTULO 7

Figura 1- Segmento corporal expresso como proporção da estatura corporal



Fonte: Drillis and Contini (Roebuck, Kroemer, and Thomson, 1975)

Para cálculo médio da altura confortável da bancada de trabalho, foi achada a média da altura (h) dos 14 funcionários, e este resultado foi multiplicado por uma altura (h) de 0.63, (valor tabelado pela altura do cotovelo). Posteriormente, foi calculado o desvio padrão e, usando o coeficiente (z), da tabela 1, encontra-se a altura que pode comportar 95% (este percentual corresponde a 1,960) dos funcionários.

CAPÍTULO 7

Tabela 1 - Valor de Z para cálculo de cada percentil

Percentis (P)	Coeficiente (Z)
25 - 75	0,674
10 - 90	1,282
05 - 95	1,645
2,5 - 97,5	1,960
01 - 99	2,326
05 - 99,5	2,576

Para percentual de 2,5% = Altura Média - DP x 1,960

Para percentual de 97,5% = Altura Média + DP x 1,960

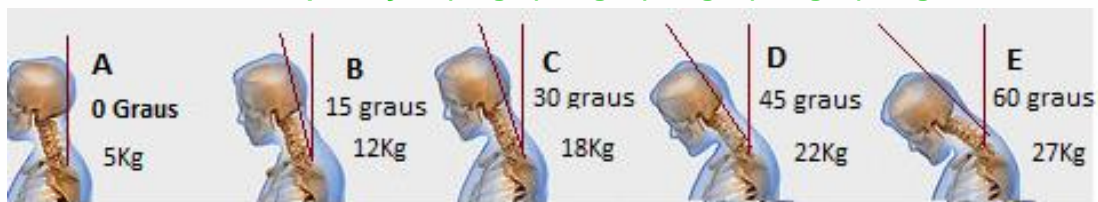
Após a análise antropométrica, foi convidado um trabalhador da linha de montagem para realizar os movimentos mais característicos destes procedimentos. A atividade neuromuscular foi gravada mediante eletromiografia, para sua posterior análise.

Foram executados 3 grupos de movimentos, os mais parecidos possíveis aos observados dentro do processo de fabricação na fábrica em questão. Em cada grupo de movimento, o primeiro é o que foi observado na planta, e o segundo foi executado incluindo a adaptação biomecânica proposta.

- O primeiro movimento proposto consiste em rotacionar o tronco mantendo os pés paralelos, enquanto a peça se encontra na altura do peito e próxima ao corpo entre 0,3m a 0,4m, chamado, para este experimento, de Rot3040. O movimento comparativo é igual ao “Rot3040”, porém com a peça a uma distância do corpo entre 0,1m e 0,2m, este chamado de “Rot1020”.
- O segundo movimento consiste em rotacionar o tronco com a peça nas mãos na altura da bancada calculada, mas com os pés paralelos e a uma distância do corpo entre 0,1m e 0,2m, chamado de “PFixo1020”. Após isso, foi executado o mesmo movimento, porém com o pé de apoio (contrário ao sentido do movimento) sendo rotacionado, foi chamado de “PTorção1020”.
- O terceiro movimento comparativo, foi a manipulação da peça segurando-a na altura do peito, com uma inclinação da cabeça maior que 45 graus e depois com uma inclinação angular menor, de aproximadamente 35 graus. Baseados no estudo de (HANSRAJ, 2014) diferentes angulações da cabeça determinam diferentes pesos no pescoço (Figura 2).

CAPÍTULO 7

Figura 2 - Variações angulares de inclinação da cabeça e seu correspondente peso exercido no pescoço. A)5Kg B)12Kg C)18Kg D)22Kg E)27Kg.



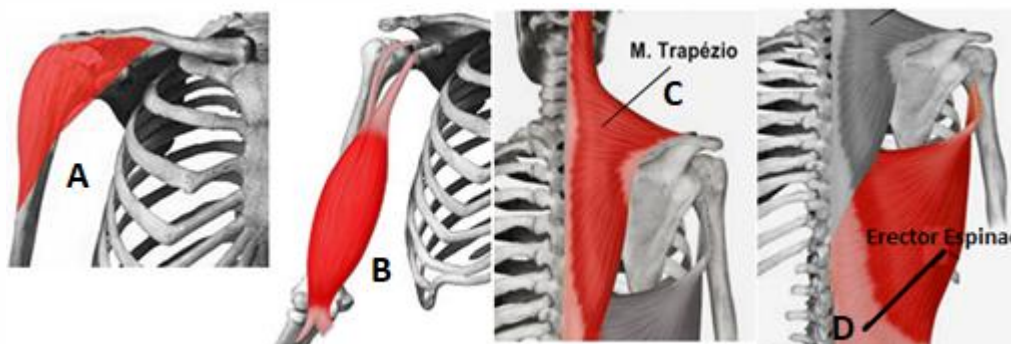
Fonte: Adaptado de HANSRAJ (2014)

Para o nosso teste, foram escolhidos os dois ângulos mais repetidos na linha de produção da empresa, representados na Figura 2 por D – 45 graus e próximo a C – 35 graus.

Materiais

Para a análise eletromiográfica foram escolhidos os seguintes músculos: Deltoide, Biceps Brachii, Erector Spinae e o Trapezius, representados na Figura 3.

Figura 3 - Músculos considerados para análise eletromiográfica. A)Deltoide, B)Biceps Brachii, C)Erector Spinae D) Trapezius.



Fonte: Adaptado do Instituto Federal Sul de Minas

Os procedimentos de posicionamento dos sensores de EMG e eletrodos foram definidos seguindo as recomendações estabelecidas pelo SENIAM. Cada sensor foi reforçado na sua fixação por meio de uma fita adesiva porosa Nexcare (25mm) da marca 3M. Antes de fixar os sensores na posição correspondente, preparou-se a pele do indivíduo com os seguintes procedimentos: raspagem dos pelos da região (com aparelho de barbear descartável), em seguida foi feita a limpeza da região com uso de algodão com álcool, esperou-se secar e então o sensor foi posicionado.

CAPÍTULO 7

Para registro dos dados eletromiográficos (EMG), foi utilizado o eletromiógrafo BTS FreeEMG, com frequência de 1KHz, 4 sensores sem fio, posicionando cada um nos ventres musculares dos músculos analisados, software BTS EMG Analyzern, Palm Hp.

Após a aquisição dos sinais eletromiográficos, os dados foram analisados pelo software Matlab (Matlab 2019a, Mathworks).

Processamento dos dados

O sinal capturado foi retificado, filtrado e normalizado. Os dados da eletromiografia foram convertidos do formato (.tdf) para (.mat). Foram desenvolvidos scripts para normalizar, filtrar e plotar as atividades musculares e índices de ativação muscular.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Referente à altura da bancada de trabalho, compreende-se que a mesa ideal para comportar o ambiente de trabalho em estudo seria de, em média de 1,09 m. O desvio padrão para esta medida seria de 0,044 e, aplicando na fórmula adotada no tópico 2.1 Métodos, temos que a altura mínima necessária da bancada seria de 0,95 metros, e a altura máxima seria de 1,12 metros.

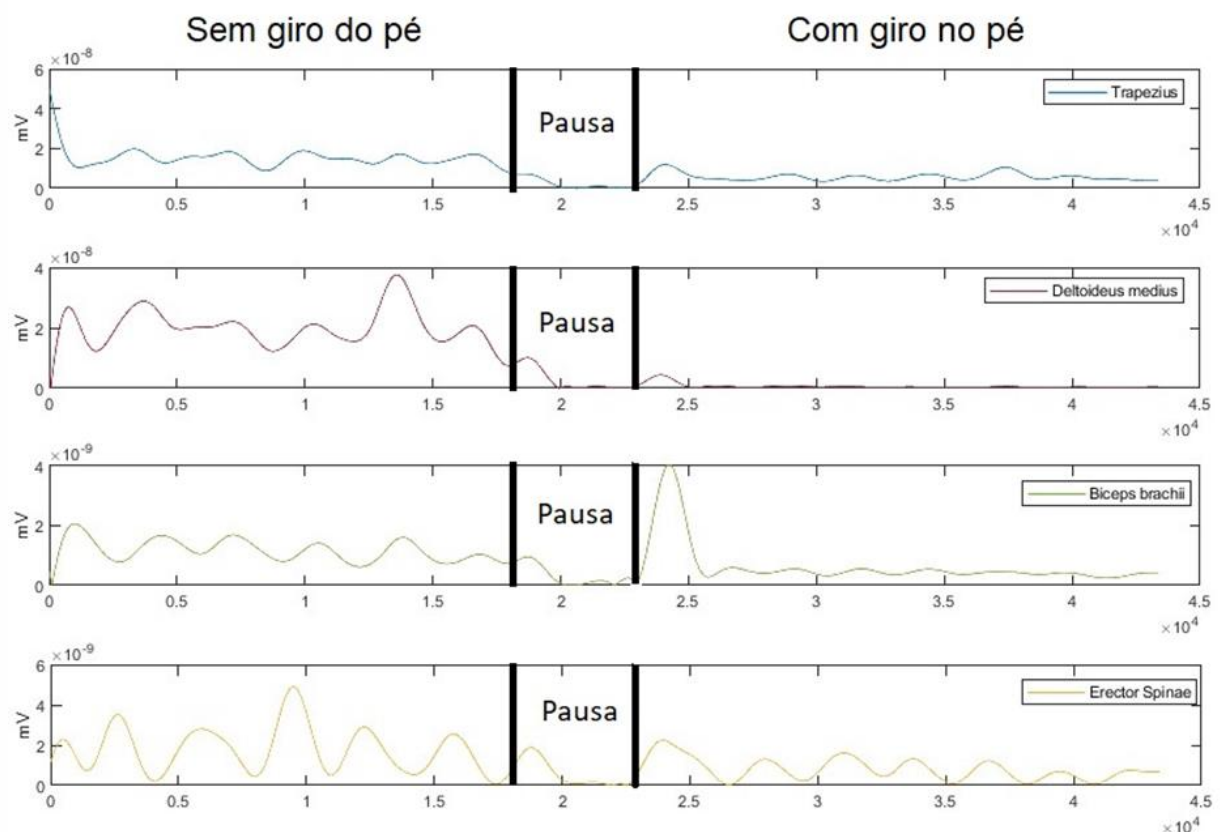
Das análises eletromiográficas: Na tabela 2, pode-se observar a comparação percentual da máxima ativação muscular dos músculos analisados. Existe uma diminuição nos 4 músculos estudados quando a peça se encontra mais perto do corpo (Rot1020) do que quando mais longe (Rot3040). Isto pode ocorrer devido ao diferente torque resultante em ambos os movimentos: quanto mais longe se encontra a peça da linha de projeção do centro de gravidade (linha de gravidade) do indivíduo, maior será o torque gerado nesse movimento. Adequações biomecânicas na técnica de ensablage e manipulação da peça, que permitam diminuir o torque gerado, permitiriam diminuir o nível de atividade muscular e, portanto, a fadiga.

CAPÍTULO 7

Tabela 2 - Resultados ativação muscular (%) durante rotação do tronco com a peça a diferentes distâncias do corpo

Músculo	Percentual de ativação muscular	Percentual de ativação muscular
	Rot3040	Rot1020
Trapézio	27,23%	15,50%
Deltoide	14,89%	2,86%
Biceps Brachi	14,73%	8,31%
Erector Spinae	11,44%	8,39%

Figura 4 - Atividade neuromuscular registrada para os músculos Trapezius, Deltoideus medius, Biceps Brachii e Erector Spinae durante execução da tarefa com e sem giro no pé



Na figura 4, podemos observar um comparativo da representação da atividade muscular para os dois movimentos de rotação. Observa-se que, ao incorporar o giro do pé ao movimento de rotação, acontece uma diminuição geral da ativação muscular nos músculos analisados. Isto pode ocorrer devido ao fato que, no fim do movimento executado o giro no pé permite incluir mais músculos ao movimento, fazendo com que a força do torque se estenda pela coxa, perna e pé, ao invés de ficar só detida no quadril.

CAPÍTULO 7

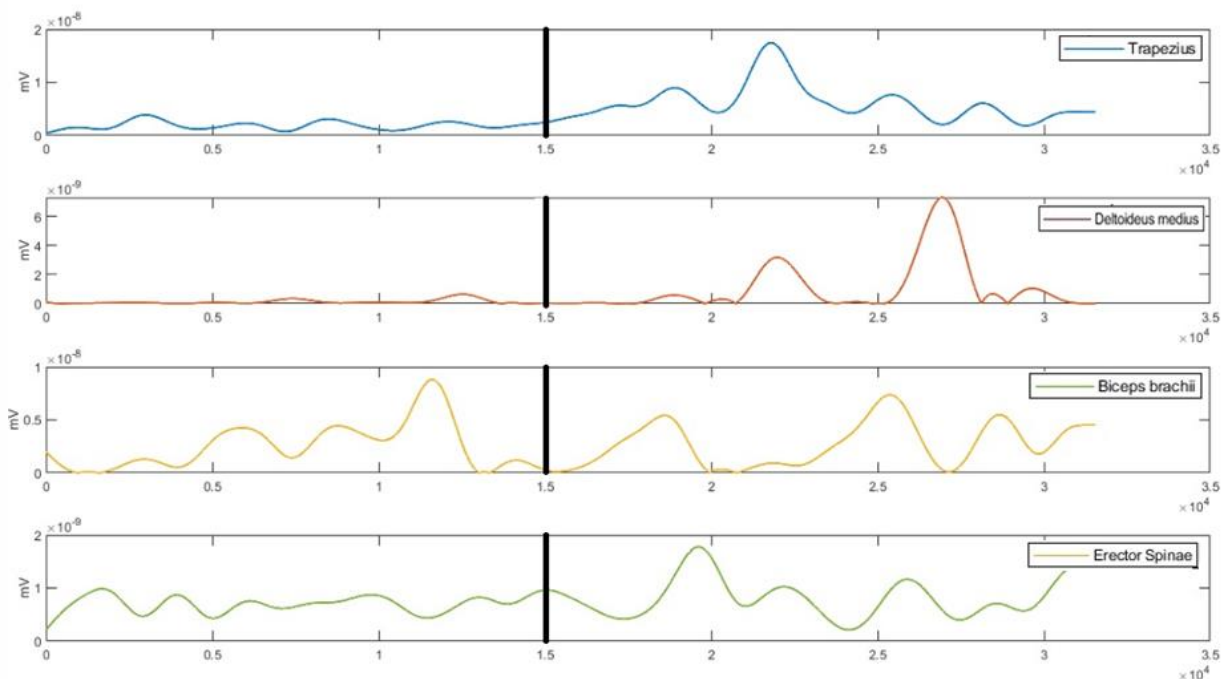
Na tabela 3, observa-se a diminuição percentual da atividade muscular, sendo o bíceps brachii quem apresenta a menor variabilidade de ativação muscular entre os 4 músculos analisados. Isto se dá devido ao fato de que, o braço do executante se encontra em flexão, sustentando a peça para ambos os movimentos, portanto produz pouca diferença, pois para esse segmento o movimento é o mesmo.

Tabela 3 - Resultados ativação muscular (%) durante torção do tronco com e sem rotação do pé contrário ao sentido do movimento

Músculo	Percentual de ativação muscular sem torção do pé (PFixo1020)	Percentual de ativação muscular com torção do pé (PTorção1020)
Trapézio	24,11%	14,90%
Deltóide	10,65%	1,90%
Biceps Brachi	11,59%	8,47%
Erector Espinae	12,55%	8,11%

Na figura 5, pode-se observar os diferentes níveis de atividade muscular durante a manipulação da peça com os dois ângulos diferentes de inclinação da cabeça. Como indicado por (HANSRAJ, 2014), as maiores inclinações angulares incrementam a tensão muscular no pescoço, e essa maior carga de tensão também se reflete nas estruturas mais próximas, como no trapézio e no Deltóide.

Figura 5 - Comparativo da atividade neuromuscular para os músculos pesquisados durante atividade de manipulação da peça com a cabeça a 35 graus (esquerda) e 45 graus (direita)



No caso do Trapezius, quanto mais inclinada a cabeça, mais se afasta da linha de gravidade (LG) do indivíduo, o que exige uma ativação muscular maior já que,

CAPÍTULO 7

devido ao mesmo gesto, os ombros incrementam sua ativação afim de controlar o movimento que se executa com maior distância da LG.

Já Biceps Brachii e o Erector Spinae não mostraram diferenças ou mudanças significativas.

CONCLUSÕES

Foi calculada a antropometria de 14 indivíduos em uma linha de montagem, e encontrada a altura mais apropriada para a manipulação das peças. Posteriormente, foi realizado um estudo comparativo dos principais movimentos executados por um operário, nessa mesma linha de montagem, porém com incorporação de variações biomecânicas. Após a análise eletromiográfica, foi observado que as propostas de variação biomecânica sugerem que poderia existir menores atividades musculares quando implantadas as variações propostas. Diminuir o nível de ativação muscular durante atividades repetitivas e contínuas pode rebater os danos decorrentes da utilização excessiva do sistema musculoesquelético, que originam as lesões por esforço repetitivo e os distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho.

REFERÊNCIAS

ASPDEN, R. M.; BORNSTEIN, N. H.; HUKINS, D. W. Collagen organisation in the interspinous ligament and its relationship to tissue function. **Journal of anatomy**, v. 155, p. 141–51, 1987.

DE LUCA, C. J. **The use of surface electromyography in biomechanics**. Journal of Applied Biomechanics. **Anais...**Human Kinetics Publishers Inc., 1 maio 1997

DELWING, E. B. **Análise Das Condições De Trabalho Em Uma Empresa Do Setor Frigorífico a Partir De Um Enfoque Macroergonômico**. [s.l: s.n.].

DUCHENE, J.; GOUBEL, F. Surface electromyogram during voluntary contraction: Processing tools and relation to physiological events. **Critical Reviews in Biomedical Engineering**, v. 21, n. 4, p. 313–397, 1993.

HANSRAJ, K. K. Assessment of stresses in the cervical spine caused by posture and position of the head. **Surgical technology international**, v. 25, p. 277–9, 2014.

CAPÍTULO 7

IIDA, I. **Ergonomia Projeto e Produção**. 2º ed. São Paulo: 2005, 2005.

KENDALL, F. P. et al. **Músculos: Provas e Funções - com postura e dor**. 5. ed. [s.l: s.n.].

SILVA, C.; FONSECA, V. Competividade organizacional: Uma Tentativa de reconstrução analítica. **Organizações & Sociedade**, 1996.

SLACK, N. **Administração da Produção**. 2º ed. São Paulo: 2002, 2002.

THEADO, E. W.; KNAPIK, G. G.; MARRAS, W. S. Modification of an EMG-assisted biomechanical model for pushing and pulling. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 37, n. 11–12, p. 825–831, 2007.

CAPÍTULO

8

Isotermas de Langmuir e Freundlich em carvões vegetais

Langmuir and Freundlich isotherms in charcoal

Letícia Bittencourt Melani ¹

Gylles Ricardo Stroher ¹

Gisely Luzia Ströher ²

¹ Coordenação de Engenharia Química - UTFPR

² Coordenação de Química – UTFPR

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.8



AYA EDITORA

CAPÍTULO 8

Resumo: Visando a redução de resíduos sólidos, especialmente as cascas de coco verde, este trabalho propõe a viabilidade da transformação do mesocarpo do fruto em carvão vegetal através da análise das isothermas de Langmuir e Freundlich para o carvão de casca de coco verde (CCC) e para o carvão ativado comercial (CAC) com massas distintas de aproximadamente 4,0000 g (A) e 0,2000 g (B), resultando assim em 4 ensaios diferentes: CCCA, CCCB, CACA e CACB. Os dados experimentais das isothermas foram obtidos usando padrão primário (ácido oxálico) em determinações volumétricas com hidróxido de sódio. Os resultados obtidos a partir da obtenção do equilíbrio nas amostras apontaram desempenhos satisfatórios para o uso do ácido oxálico nas amostras. As análises de CCCA e CACA que utilizaram massas maiores de adsorvente, em relação à CCCB e CACB atingiram atividades semelhantes na quantidade de ácido oxálico adsorvida por grama de carvão, contribuindo para um menor uso de adsorvente o que implica na diminuição de custos. Entretanto, a amostra de CCCB demonstrou melhores quantidades máximas de adsorção do ácido oxálico.

Palavras-chave: isothermas de Langmuir, isothermas de Freundlich, carvão vegetal, casca de coco verde.

Abstract: Aiming at reducing solid residues, especially green coconut shells, this work proposes the transformation viability of the fruit mesocarp into charcoal by analyzing Langmuir and Freundlich isotherms for green coconut shell (CCC) and commercial activated charcoal (CAC) with distinct masses of approximately 4.0000 g (A) and 0.2000 g (B), resulting in 4 different tests: CCCA, CCCB, CACA and CACB. The experimental data of isotherms were obtained using primary pattern (oxalic acid) in volumetric determinations with sodium hydroxide. The results found from the obtained equilibrium in the samples indicated satisfactory performances for the use of oxalic acid in the samples. The analyses of CCCA and CACA that used larger masses of adsorbent, in relation to CCCB and CACB, achieved similar activities in the amount of oxalic acid adsorbed per gram of coal, contributing to a lower use of adsorbent, which implies a reduction in costs. However, the CCCB sample demonstrated better maximum amounts of oxalic acid adsorption.

Keywords: Langmuir isotherms, Freundlich isotherms, charcoal, green coconut shell.

INTRODUÇÃO

O setor químico e outras áreas como a de combustíveis, medicina e a cosmética empregam o carvão ativado como uma ferramenta indispensável aos seus diferentes objetivos. O interesse neste produto se deve a sua excelência em adsorção (MORAIS, 2014).

A adsorção, fenômeno físico-químico onde gases e líquidos são transferidos para uma superfície sólida, pode ser aplicada em diversos fins, que vão desde os mais

CAPÍTULO 8

delicados como o branqueamento dos dentes, limpeza de pele, purificação do ar até tratamentos mais duros como o de águas e efluentes (MURANAKA, 2010).

A carbonização, processo dado pela decomposição térmica de matéria com alto teor de carbono, como sementes, madeira e cascas de frutos é o método encarregado pela geração do carvão (MORAIS, 2014).

O Brasil se destaca por ser o quarto maior produtor de coco verde no mundo, de onde é extraído o principal produto de maior valor comercial, a água de coco (JORNAL ESTADO DE MINAS, 2018).

Com a chegada do verão, o consumo da água de coco verde se torna um grande problema para a saúde pública, uma vez que nessa estação, o número de casos de doenças transmitidas por mosquitos que precisam de água parada para se reproduzirem, como o *Aedes aegypti*, são maiores do que em qualquer outra época do ano, já que a casca desse fruto desempenha a função de reservatório para a proliferação dessas espécies (BBC BRASIL, 2015).

O carvão vegetal de casca de coco verde é uma saída sustentável para um resíduo sólido constituído em média por 70% da massa do fruto comercializado. A casca se transformando em combustível ou em aplicações com maior valor agregado transforma a sociedade que o comercializa desde os trabalhadores rurais até o consumidor final (BBC BRASIL, 2014).

O tempo necessário para a decomposição da casca de coco é aproximadamente oito anos, ou seja, durante todo esse tempo, o rejeito atua como reservatório para a proliferação de insetos transmissores de doenças, afetando população que vive na região (CARRIJO *et al.*, 2002).

É válido ressaltar que as indústrias de envasamento de água de coco geram um maior volume de rejeitos do fruto que corroboram para maior desequilíbrio ambiental (CARRIJO *et al.*, 2002).

O Brasil é responsável por grande parte da produção mundial de carvão vegetal, onde aproximadamente 75% desse material é produzido artesanalmente em condições precárias, sendo a principal matéria prima a mata nativa (SANTOS e HATAKEYAMA, 2012).

CAPÍTULO 8

O emprego do endocarpo do coco na geração de carvão vegetal une a sustentabilidade, ciência e a saúde pública a fim de solucionar problemas como a destinação indevida do fruto, minimizar focos de mosquitos e evitar que árvores sejam derrubadas para que a madeira seja utilizada como matéria prima em carvoarias (SANTOS e HATAKEYAMA, 2012).

O baixo custo, a alta disponibilidade, a simplicidade do processo de carbonização, o uso de uma matéria prima reciclada e o valor agregado ao produto final são grandes vantagens adicionais do uso desse substrato (SANTOS e HATAKEYAMA, 2012).

Os adsorventes comerciais como o carvão ativado podem possuir área superficial específica de $600 - 1200 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$, valores similares também são encontrados na sílica gel ($600 - 800 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$) enquanto a alumina ativada apresenta valores inferiores ($200 - 500 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$) (SANTIAGO *et al.*, 2005).

A avaliação da real capacidade de adsorção de um material pode ser realizada com isotermas. Os parâmetros necessários para fazer essa estimativa são obtidos através de procedimentos experimentais simples, que misturam elementos a serem adsorvidos com o adsorvente (carvão) até o equilíbrio ser atingido (MURANAKA, 2010).

As isotermas podem ser definidas como a curva que associa a quantidade de substância adsorvida com a massa inicial do adsorvente em questão a partir da concentração restante de adsorvato durante o equilíbrio. Duas das isotermas mais conhecidas são as isotermas de Langmuir e Freundlich (MURANAKA, 2010).

Langmuir se baseia na teoria da adsorção aplicada a superfícies homogêneas, onde há a formação de uma camada monomolecular, fundamentando-se na ideia de que a energia é distribuída igualmente para todos os sítios e que cada sítio ativo acomoda apenas uma unidade adsorvida (MORAIS, 2014).

A isoterma de Langmuir é definida através da seguinte equação:

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_m K_L} + \frac{1}{K_L} C_e \quad (1)$$

Onde K_L é a constante de Langmuir, C_e é a concentração de adsorvato no equilíbrio, Q_m é a constante relacionada à energia de adsorção e Q_e é a relação da

CAPÍTULO 8

quantidade de adsorvato sobre o adsorvente no equilíbrio (FERNANDES, 2008; ATKINS e PAULA, 2008).

O modelo de Langmuir apresenta o parâmetro de equilíbrio (R_L) que aponta uma adsorção favorável quando os valores estão entre zero e um (FERNANDES, 2008).

$$R_L = \frac{1}{(1 + K_L Q_m)} \quad (2)$$

Por outro lado, o modelo de Freundlich leva em conta aspectos opostos ao modelo anterior como a distribuição logarítmica de sítios ativos e a presença de multicamadas heterogêneas (MORAIS, 2014; ATKINS e PAULA, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2018).

O modelo de Freundlich é dado pela seguinte equação:

$$\log Q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log K_F \quad (3)$$

Onde K_F é a constante de Freundlich que indica a capacidade de adsorção e n é um parâmetro que indica o desenvolvimento da isoterma. Valores de n que se encontram no intervalo entre 1 e 10 demonstram uma adsorção favorável (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras empregadas neste trabalho são de carvão vegetal comercial (CAC) e os preparados pela metodologia de Silva *et al.* (2019) que utilizou cascas de coco verde como matéria-prima para obtenção do produto (CCC).

As amostras de carvões (CAC e CCC) foram secadas em estufa *New Lab, AR NL 82-150*, a 105°C durante 4h, segundo a metodologia da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1998) antes de serem submetidas a qualquer procedimento experimental.

As isotermas foram encontradas com diferentes concentrações de padrão primário (ácido oxálico) e quantificadas por titulações volumétricas com hidróxido de sódio (PERRY, 1988; VALENCIA, 2007).

CAPÍTULO 8

Os testes foram realizados em amostras de CAC e em CCC com massas de aproximadamente 4,0000 g (A) e 0,2000 g (B), totalizando quatro ensaios (CACA, CCCA, CACB e CCCB). Tanto nos experimentos com maior massa de carvão (A) e com menor massa (B) foram adicionadas em diferentes *erlenmeyers* quantidades distintas das soluções iniciais de ácido oxálico ($0,250 \text{ mol.L}^{-1}$ e $0,012 \text{ mol.L}^{-1}$, respectivamente) afim de se obter os resultados necessários para as isotermas de Langmuir e Freundlich em um volume de 100 mL, conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1 – Volume de solução em cada experimento

Ensaio	CACA e CCCA	CACB e CCCB	Água (mL)
	Volume de ácido oxálico $0,25 \text{ mol.L}^{-1}$ (mL)	Volume de ácido oxálico $0,012 \text{ mol.L}^{-1}$ (mL)	
1	100,0	100,0	0,0
2	90,0	90,0	10,0
3	80,0	80,0	20,0
4	60,0	60,0	40,0
5	50,0	50,0	50,0
6	40,0	40,0	60,0
7	20,0	20,0	80,0
8	10,0	10,0	90,0
9	5,0	5,0	95,0
10	4,0	4,0	96,0

Fonte: Autoria própria (2020).

Os *erlenmeyers* foram enumerados e lacrados. Os experimentos ocorreram sob agitação durante 1 h a 200 rpm em incubadora de agitação orbital, *Cienlab*, CE 725, e foram posteriormente colocados em repouso por 15 horas para que o equilíbrio fosse atingido.

Filtraram-se as amostras (descartando os primeiros 5 mL) e alíquotas de 10,00 mL foram tituladas com hidróxido de sódio utilizando o indicador fenolftaleína (PERRY, 1988; VALENCIA, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras de CCCA e CACA que possuíam massas maiores de adsorvente (4,0000 g) em relação à CCCB e CACB (0,2000 g) atuaram de forma semelhante em relação à quantidade de ácido oxálico adsorvido por grama de carvão. Com isso se pode sugerir que estudos futuros empreguem uma massa de 0,2000 g sem

CAPÍTULO 8

comprometimento de resultados corroborando para a melhoria dos custos, conforme mostra a Tabela 2.

Os ensaios foram realizados com massas distintas de carvões vegetais, pois a ASTM (2000) aceita que valores acima de 100 mg.L^{-1} de adsorvato utilizem volume de 100 mL de amostra com massas de carvão entre 0,05 – 10,0 g.

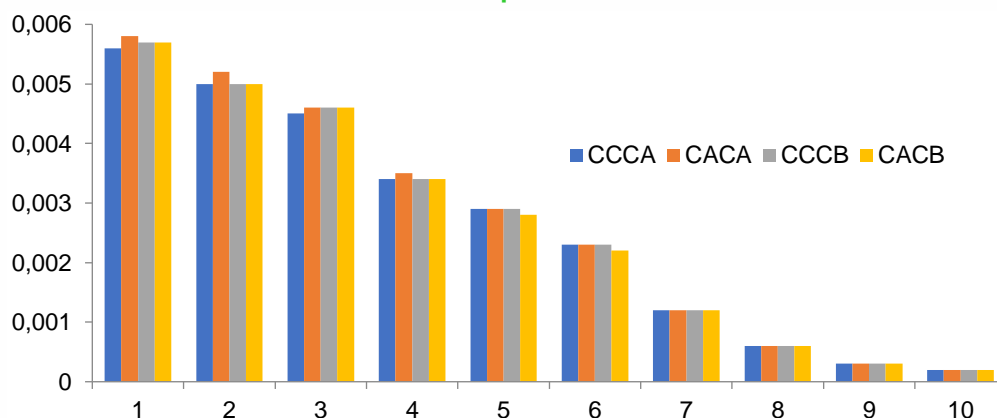
Tabela 2 – Quantidade de ácido oxálico adsorvido por grama de carvão (Q_e) nos 10 ensaios

Ensaio	CCCA	CACA	CCCB	CACB
1	0,0056	0,0058	0,0057	0,0057
2	0,0050	0,0052	0,0050	0,0050
3	0,0045	0,0046	0,0046	0,0046
4	0,0034	0,0035	0,0034	0,0034
5	0,0029	0,0029	0,0029	0,0028
6	0,0023	0,0023	0,0023	0,0022
7	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012
8	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
9	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
10	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002

Fonte: Autoria própria (2020).

A Figura 1 facilita a visualização dos dados apresentados na Tabela 2.

Figura 1 – Comparativo da quantidade de ácido oxálico adsorvido por grama de carvão (Q_e) nos 10 experimentos

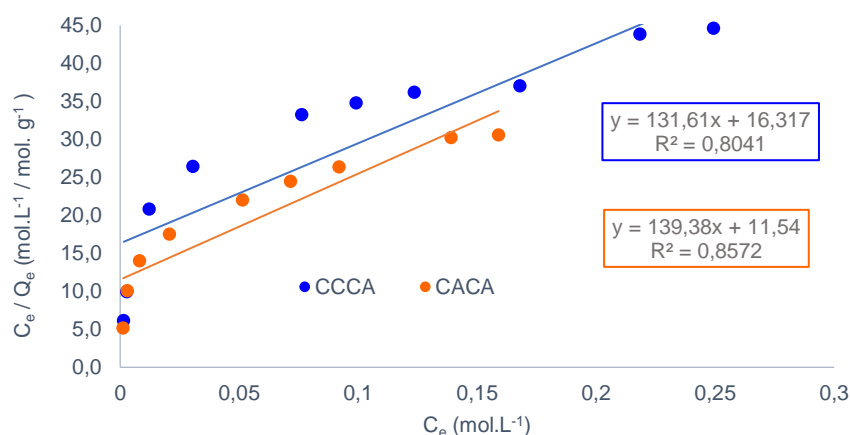


Fonte: Autoria própria (2020).

As isotermas de Langmuir típicas em materiais microporosos com adsorção química para os experimentos CCCA com a CACA e CCCB com CACB, estão representadas, respectivamente, nas Figuras 2 e 3.

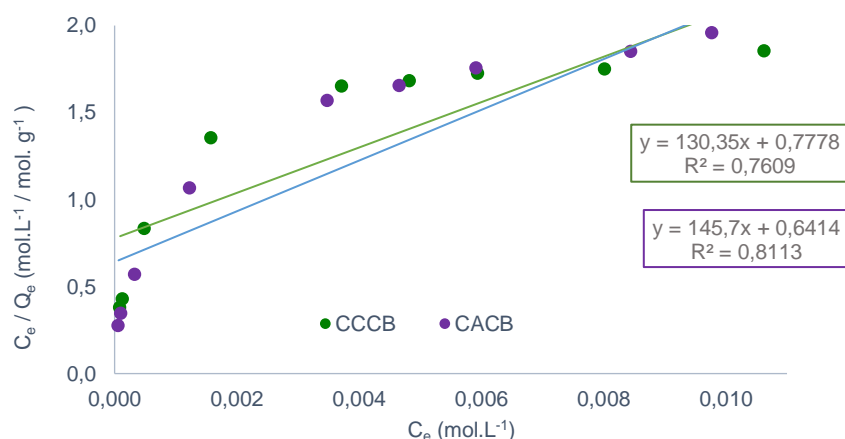
CAPÍTULO 8

Figura 2 – Isotermas de Langmuir nas amostras CCCA e CACA



Fonte: Autoria própria (2020).

Figura 3 – Isotermas de Langmuir nas amostras CCCB e CACB



Fonte: Autoria própria (2020).

Essas isotermas indicam que o adsorvato e adsorvente (ácido oxálico e carvão) têm afinidade e podem ser relacionadas com adsorção em microporos devido à primeira região da curva apresentar-se altamente vertical (formação da monocamada) seguida ao *plateau* (saturação limite correspondente ao enchimento dos microporos) característicos das isotermas descritas por Langmuir (BRUNAER *et al.*, 1938; HAMADAOU e NAFFRECHOW, 2007).

Segundo SILVA (2015) os microporos ($d < 2$ nm) são capazes de proporcionar alta performance de adsorção para gases e solventes comuns.

Através dos resultados, foi possível obter os parâmetros das isotermas.

CAPÍTULO 8

Tabela 3 – Principais parâmetros obtidos pela isoterma de Langmuir

Parâmetro	CCCA	CACA	CCCB	CACB
Q_m (mol.g ⁻¹)	$7,6 \times 10^{-3}$	$7,2 \times 10^{-3}$	$7,7 \times 10^{-3}$	$6,9 \times 10^{-3}$
K_L	8,07	12,08	167,59	227,16
R_L	$4,7 \times 10^{-3}$	$6,2 \times 10^{-4}$	$9,8 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-2}$

Fonte: Autoria própria (2020).

As quantidades máximas de ácido oxálico adsorvido foram próximas em todos os experimentos deste trabalho, sendo o maior valor em CCCB ($7,7 \times 10^{-3}$ mol.g⁻¹) e o menor em CACB ($6,9 \times 10^{-3}$ mol.g⁻¹).

Os resultados obtidos para os parâmetros de equilíbrio (R_L) evidenciam que a adsorção se comportou de maneira satisfatória em todos os experimentos (FERNANDES, 2008).

A área superficial encontrada neste trabalho com carvões de casca de coco verde (CCC) foi próxima à área obtida com o carvão feito com casca de amêndoas ($998 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$) no trabalho de Savova *et al.* (2001), conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Área superficial do carvão ($\text{m}^2.\text{g}^{-1}$)

Amostra	Área de carvão ($\text{m}^2.\text{g}^{-1}$)
CACA	907,02
CACB	867,67
CCCA	960,54
CCCB	969,85

Fonte: Autoria própria (2020).

Os ensaios realizados com o carvão de casca de coco obtiveram área média ($965,20 \pm 6,58 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$) superior aos realizados com carvão ativado comercial ($887,35 \pm 27,82 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$).

A área superficial deste trabalho (CCC) foi próxima à área obtida com carvão de casca de amêndoas $998 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$ no trabalho de SAVOVA *et al.* (2001).

Os carvões de cascas de nozes sem ativação ($408 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$) e ativados com ZnCl_2 ($427 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$) apresentados no trabalho de COSTA *et al.* (2015) obtiveram área superficial inferior à média dos dados deste trabalho nos carvões de casca de coco verde (CCC) que foram iguais a $965, 20 \pm 6,58 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$.

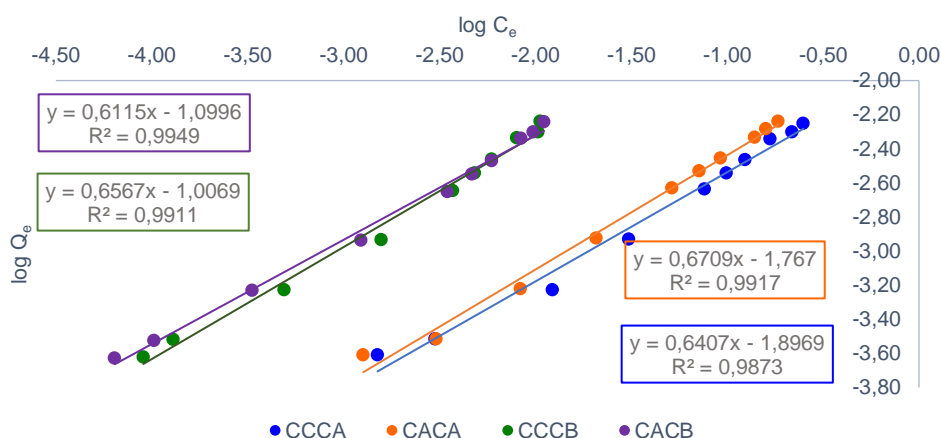
ZUIM *et al.* (2011) trabalhou com carvão de casca de coco ativado com CO_2 obtendo valores de $772,0 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$ de área superficial. Valor este 20% inferior à média ($965, 20 \pm 6,58 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$) deste trabalho que empregou a mesma matéria-prima sem ativação.

CAPÍTULO 8

No entanto, o trabalho de Macedo *et al.*, (2006), com carvão de casca de coco seguido de ativação com ZnCl_2 obteve área superficial de $1884 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$. Valor este bem acima ao deste estudo com CCC.

Usualmente aplicada à adsorção de solutos sobre sólidos a partir de soluções líquidas, a isoterma de Freundlich forneceu melhores valores de coeficiente de correlação nos experimentos estudados, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 – Isoterma de Freundlich aplicada aos ensaios



Fonte: Autoria própria (2020).

As isotermas de Freundlich forneceu melhores valores de coeficiente de correlação nos experimentos estudados, conforme mostram as figuras 2, 3 e 4 e a tabela 5.

Tabela 5 – Principais parâmetros obtidos a partir das isotermas de Freundlich

Parâmetro	CCCA	CACA	CCCB	CACB
$K_F (10^{-2} \text{ mol}.\text{g}^{-1})$	1,3	1,7	10	80
n	1,56	1,49	1,52	0,61
R^2	0,9873	0,9917	0,9911	0,9949

Fonte: Autoria própria (2020).

Os parâmetros de Freundlich dependem de diversos fatores experimentais. Os valores de n acima de 1, como mostra a Tabela 5, demonstram que a adsorção neste estudo se comportou de maneira satisfatória.

Contudo, a amostra de CCCB apresentou as melhores quantidades máximas de ácido oxálico adsorvido nas amostras deste trabalho.

CAPÍTULO 8

CONCLUSÃO

Este estudo realizou a análise das isotermas de Langmuir e Freundlich em carvão vegetal produzido com casca de coco verde (CCC) e em carvão ativado comercialmente (CAC).

Os resultados deste estudo no equilíbrio das isotermas de Langmuir e Freundlich demonstraram um comportamento satisfatório tanto nas amostras de CCC quanto nas de CAC.

Os ensaios CCCA e CACA que utilizaram massas maiores de adsorvente (4,000 g) em relação à CCCB e CACB com massas menores (0,2000 g) obtiveram desempenhos semelhantes na quantidade de ácido oxálico adsorvida por grama de carvão. O que corrobora para um uso menor de adsorvente em estudos futuros melhorando os custos.

Contudo, a amostra de CCCB apresentou as melhores quantidades máximas de ácido oxálico adsorvido nas amostras deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AOAC. **Official** methods of analysis of AOAC international, v. 1. 16. ed. Arlington: AOAC Internacional, 1988.

ASTM. **American Society for Testing Materials** – Standarts on Activated Carbon. 2. Ed. Filadélfia: EEUU, 2000.

ATKINS, P.; PAULA, J. **Físico-Química**, v.1 e 2. 8. ed. Rio de janeiro: LTC, 2008.

BBC BRASIL. **Conheça cinco focos de reprodução do mosquito *Aedes aegypti* frequentemente ignorados**. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/12/151211_focos_dengue_mw_rb> Acesso em: 14 ago. 2020.

BBC BRASIL. **Indústria de coco cresce, mas alto desperdício gera desafio tecnológico**. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/02/140207_coco_reciclagem_abre_pai>. Acesso em: 01 mar. 2020.

BRUNAUER, S.; EMMETT, P.H.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. **J. Am. Chem. Soc.**, v. 60, p. 309, 1938.

CAPÍTULO 8

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca de coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002.

CLAUDINO, A. **Preparação de carvão ativado a partir de Turfa e sua utilização na remoção de poluentes**. Florianópolis, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina.

COSTA, P. D.; FURMANSKI, L. M.; DOMINGUINI, L. Produção, caracterização e aplicação de carvão ativado de casca de nozes para adsorção de azul de metileno. **Revista Virtual de Química**, v.7, n. 4, p. 1272 – 1285, 2015.

FERNANDES, F. L. **Carvão de endocarpo de coco da baía ativado quimicamente com $ZnCl_2$ e fisicamente com vapor d'água: produção, caracterização, modificações químicas e aplicação na adsorção de íon cloreto**. João Pessoa, 2008. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal da Paraíba.

HAMDAOUI, O.; NAFFRECHOW, E. Modeling of adsorption isotherms of phenol and chlorofenols onto granular activated carbon. Part II. Models with more than two parameters. **Journal Hazardous materials**, v. 147, p. 401, 2007.

JORNAL ESTADO DE MINAS. **A sede por água de coco estimula produção brasileira**. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/internacional/2018/04/11/interna_internacional,950855/a-sede-por-agua-de-coco-estimula-producao-brasileira.shtml>. Acesso em: 14 ago. 2020.

KOEHLERT, K. Activated Carbon: Fundamentals and New Applications. **Chemical Engineering**, v.1, p. 32-40, 2017.

MACEDO, J. S.; JUNIOR, N. B. C.; ALMEIDA, L. E.; VIEIRA, E. F. S.; CESTARI, A. R.; GIMENEZ, I. F.; CARREÑO, N. L. V.; BARRETO, L. S. Kinetic and calorimetric study of the adsorption of dyes on mesoporous activated carbon prepared from coconut coir dust. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 298, p. 515, 2006.

MONTES, V. HILL, J. M. Activated carbon production: Recycling KOH to minimize waste. **Materials Letters**, v. 220, p. 238 – 240, 2018.

MORAIS, E. D. **Produção de carvão ativado a partir do mesocarpo do coco-da-baía (*cocosnuciferalinn*) utilizando H_3PO_4 , CH_3COONa e KOH como ativantes**. Natal, 2014. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MURANAKA, C. T. **Combinação de adsorção por carvão ativado com processo oxidativo avançado (POA) para tratamento de efluentes contendo fenol**. São Paulo, 2010. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, F. M.; COELHO, L. M.; MELO, E. I. Avaliação de processo adsorptivo utilizando mesocarpo de coco verde para remoção do corante azul de metileno. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, e12223, 2018

PERRY, J. **Manual** del Ingeniero Químico. 6.ed. México: Mc Graw Hill, 1998.

SANTIAGO, B. H. S.; FRANCA, G. H. C.; FERNANDES, R.; SELVAM, P. V. P. Estudo da viabilidade tecno-econômica preliminar para produção de carvão ativado no Brasil a partir de resíduos do coco: estudo comparativo de cenários de produção. **Revista Analytica**, São Paulo, v.17, n. 17, p. 52-55, jul. 2005.

CAPÍTULO 8

SANTOS, S. F. O. M.; HATAKEYAMA, K. Processo sustentável de produção de carvão vegetal quanto aos aspectos: ambiental, econômico, social e cultural. **Produção**, Curitiba, v. 22, n. 2, p. 309-321, 2012.

SAVOVA, D.; APAK, E.; EKINCI, E.; YARDIM, F.; PETROV, N.; BUDINOVA, T.; RAZVIGOROVA, M.; MINKOVA, V. Biomass conversion to carbon adsorbents and gas. **Biomass and Bioenergy**, v. 21, p. 133, 2001.

SILVA, S. V. T. O. **Resíduos de coco, acerola e caju para produção de carvão ativado**. Recife, 2015. Dissertação de mestrado (Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais) – Universidade Católica de Pernambuco.

SILVA, T. H. G.; STROHER, G. R.; STROHER, G. L. Avaliação do uso de casca de coco verde para a produção de carvão vegetal. Uberlândia: UFU. **Anais do XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, Uberlândia: UFU, 2019

VALENCIA, C.A.V. **Aplicação da adsorção em carvão ativado e outros materiais carbonosos no tratamento de águas contaminadas por pesticidas de uso agrícola**, Rio de Janeiro, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e Materiais) - Pontifícia Universidade Católica.

ZUIM, D. R.; CARPINÉ, D.; DISTLER, G. A. R.; SCHEER, A. P.; MAFRA, L. I.; MAFRA, M. R. Adsorption of two coffee aromas from synthetic aqueous solution onto granular activated carbon derived from coconut husks. **Journal of Food Engineering**, v. 104 p. 284–292, 2011.

CAPÍTULO

9

Pequenas Embarcações em Alumínio: O Processo de Fabricação em Itacoatiara - AM

Eliakim Marques Serrão¹

Rute Holanda Lopes¹

Evely Laranjeira Marques

Maria Francisca Bastos²

Karina Araújo Pawlina³

¹ *Universidade Federal do Amazonas, UFAM*

² *Laureate International Universities – UNINORTE*

³ *Blasch Advocacia, BADV*

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.9



AYA EDITORA

CAPÍTULO 9

Resumo: Brasil o transporte marítimo, tem uma importância muito grande, pois representa 95% da carga movimentada no comércio exterior. E isso tem grande relevância para o desenvolvimento dos estados brasileiros, principalmente para o Amazonas detentor da maior bacia hidrográfica do mundo onde pequenos municípios, engajam-se a construções de pequenas embarcações. Regionalmente, entre as embarcações utilizadas individualmente, destacam-se as de pequeno porte produzidas em alumínio que surge como alternativa as canoas de madeira, tradicionais na região. Esta pesquisa teve como objetivo geral avaliar o processo produtivo de uma indústria naval de embarcações de alumínio de pequeno porte no município de Itacoatiara – AM. A pesquisa foi exploratória, por meio de estudos bibliográficos e de observações, também se caracteriza como estudo de caso, uma vez que se concentrará em um estaleiro específico, acompanhando todo o seu processo produtivo. No processo foi constatado alguns entraves relacionados a produção, são elas: a falta de equipamentos e máquinas industriais, instalações inadequadas, falta de materiais em estoque, e falta de recurso para aquisição dos mesmos.

Palavras-chave: embarcações fluviais. Itacoatiara. processo produtivo.

INTRODUÇÃO

O Amazonas é detentor da maior bacia hidrográfica do mundo onde pequenos municípios, engajam-se a construções de pequenas embarcações. E entre as embarcações utilizadas individualmente, destacam-se as de pequeno porte produzidas em alumínio que surgiram como alternativa as canoas de madeira, tradicionais na região para o transporte de pessoas e carga. Estas apresentam características que a tornam ideais, tais como leveza, rapidez e custo benefício atraentes, permitem maior velocidade e independência, reduzindo o tempo necessário para o deslocamento. Para atender esta demanda, surgiram indústrias de pequeno porte que passaram a produzir as embarcações de alumínio. As empresas geralmente são unidades familiares de pequeno porte, com poucos empregados. Possuindo um processo produtivo com pouca organização o que pode levar a problemas de produtividade, qualidade e prazos de entrega. O desempenho produtivo em relação ao tempo tem grande importância, pois assim como manter a qualidade e custos, a entrega dentro dos prazos prometidos e acordados com os clientes é uma exigência cada vez mais forte (ANTUNES, KLIPPEL, *et al.*, 2013).

Os estaleiros de pequeno porte, têm uma forte demanda por construção naval, pois a população do interior desse estado não dispõe de outro modo de transporte. A

CAPÍTULO 9

malha rodoviária no Amazonas não atende todas as cidades do interior, e o transporte aéreo, além de não atender todos os municípios, são mais caros. Não há como abastecer as cidades do interior com bens de consumo com custo compatível com a realidade amazônica sem a utilização da via fluvial (FENLEY, 2007).

Itacoatiara que está localizada a apenas 268 km da capital amazonense Manaus, vem produzindo essas pequenas embarcações, ajudando os ribeirinhos da região no escoamento de sua produção agrícola, na pesca, no transporte de pequenas cargas e principalmente na locomoção dos mesmos. Pois o resultado de uma embarcação construída em alumínio, além da leveza, é a maior durabilidade, baixa necessidade de manutenção, maior capacidade de carga e mais segurança, se comparado a outra forma de navegação, como as de madeira que outrora eram as mais usadas. A construção de uma embarcação, dependendo do fim a que ela se destina, é relativamente simples. É preciso fabricar um casco com um dado material base, que pode ser madeira, fibra de vidro, fibra de carbono, aço, alumínio, plástico que garanta a impermeabilidade, que mantenha a forma, que tenha uma relativa estabilidade e que seja hidrodinâmico (FIGUEIREDO, 2004).

Desta forma, este trabalho teve como objetivo “avaliar o processo produtivo de uma indústria naval de embarcações de alumínio de pequeno porte no município de Itacoatiara – AM”.

REVISÃO DA LITERATURA

A Indústria Naval no Brasil

Após décadas de letargia, é somente a partir da segunda metade do século XX que a construção naval brasileira recebe incentivos apropriados ao seu desenvolvimento. Em relação aos esforços pela retomada da indústria brasileira de construção naval, Paletta (2006) afirma que: “Esse fato significa uma mudança no modelo da indústria de grandes navios no Brasil, gerando como consequências a modernização do setor, maior competitividade no mercado internacional, geração de 22 mil novos empregos

CAPÍTULO 9

e, principalmente, a reabertura de um grande mercado ávido para incorporar bens e serviços alinhados com sua cadeia produtiva” (PALETTA, 2006).

Sendo um setor de grande relevância no mercado industrial brasileiro, é de extrema importância estudar o processo de construção naval assim como seus novos desafios em busca de competitividade, através de uma metodologia capaz de perceber o impacto sistêmico, oriundo de ações de múltiplos agentes, para a sustentabilidade do desenvolvimento do setor.

A Construção Naval no Município de Itacoatiara-AM

Os estaleiros na cidade se dividem basicamente em dois tipos de empreendimento, os de construção e os de reparo, e são geralmente pequenos negócios que passam de pai para filho, assim como as técnicas usadas para a construções das embarcações e o reparo das mesmas. Porém ao longo dos últimos anos, as embarcações de madeira outrora muito comum na região, vem sendo substituído por outro tipo de material usado, o alumínio, pois a tendência de substituição de material é, possivelmente, irreversível, dada a questão crítica da segurança, da classificação e do financiamento quando se trata de embarcações de madeira. E devido a extensa rede de rios na região, e do menor custo de produção, e o que melhor se ajusta as condições econômicas local, contata-se que a construção naval tem um papel de grande importância na região, (FENLEY,2007).

E foi ponderando nesse nicho do mercado, que nos dias atuais encontram-se na cidade muitos estaleiros com a finalidade da construção de pequenas, medias e grandes embarcações, que visam suprir a necessidade dessa demanda por transporte fluvial. Pois desde o tempo imperial no século XIX, se é conhecida a necessidade de investimento ao serviço de navegação no Rio Amazonas e seus afluentes. (DUARTE, 2009).

CAPÍTULO 9

Gestão da Produção

A gestão da produção é um assunto que envolve um planejamento e execução manufatureira cada vez mais precisa, e a busca por processos cada vez mais eficientes, se torna vital para as organizações onde seus produtos ajustam-se a uma maior competitividade no mercado. Pode-se dizer que acima de tudo, é um assunto prático que trata de problemas reais, pois tudo o que vestimos, comemos e utilizamos passa de alguma maneira por um processo produtivo (Slack *et al.*, 2008), e organizar este processo eficaz e eficientemente é o objetivo da Gestão da Produção.

Sua função consiste em definir um conjunto de políticas que dê sustento à dinamicidade da posição competitiva para empresa, baseando-se em aspectos como desempenho e a programação para as diferentes áreas de decisões. Chiavenato (2005), diz que, a administração da produção utiliza recursos físicos, materiais e a tecnologia de forma integrada e coordenada transformando-os em produtos e ou serviços.

Segundo Martins e Laugeni (2005), a procura incessante por melhores métodos de trabalho e processos de produção, com o objetivo de se obter melhoria da produtividade com o menor custo possível, é ainda hoje o tema central em todas as organizações, mudando-se apenas as técnicas empregadas.

Neste sentido Corrêa e Corrêa (2011, p. 24) caracterizam a administração da produção como sendo a “atividade de gerenciamento estratégico dos recursos escassos (humanos, tecnológicos, informacionais e outros), de sua interação e dos processos que produzem e entregam bens e serviços visando atender necessidades e/ou desejos de qualidade, tempo e custo de seus clientes”.

Segundo Rocha (1996), as indústrias, ao buscarem produtividade e uma base para se sustentarem no mercado em que estão inseridas, aceleram seu desenvolvimento por meio do acesso aos recursos tecnológicos, além do bem-estar de seus colaboradores e da valorização profissional do homem. Com maiores facilidades comerciais, hoje as empresas estão inseridas em um ambiente mais competitivo e instável.

CAPÍTULO 9

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi exploratória, por meio de estudos bibliográficos e de observações, Esta pesquisa também se caracteriza como estudo de caso, uma vez que se concentrará em um estaleiro específico, acompanhando todo o seu processo produtivo desde a efetivação do pedido até a entrega do produto ao cliente. Quanto a isto, Fachin (2006) ressalta que no método de estudo de caso dá-se com a obtenção de uma descrição e compreensão completa das relações dos fatores em cada caso, contudo os dados coletados com visitas regulares foram analisados de forma intensiva e organizados para uma melhor compreensão, como um todo, do assunto investigado.

Assim como foram realizadas a sistematização dos dados coletados, analisando as diversas fases do processo e identificando os principais entraves em cada uma delas. Devido ao caráter da pesquisa, esta análise é qualitativa e explicativa, ao tentar explicar a realidade estudada, suas causas e efeitos a partir da observação e do estudo do processo produtivo de embarcações de alumínio de pequeno porte em Itacoatiara-AM.

Descrição da empresa

Como a maioria das pequenas náuticas no município de Itacoatiara, o proprietário teve a iniciação e contato com o seu trabalho advindo do acompanhamento da profissão de seu pai que anteriormente atuava na construção de canoas feitas em madeira, muito comum em outros tempos. Atuando há 17 anos no ramo de fabricação de pequenas embarcações, Salomão Moraes de Souza, conta que desde os dez anos ajudava seu pai a fazer as canoas o qual era seu principal trabalho e fonte de mantimentos para a família.

A empresa Náutica Filhos da Promessa iniciou suas atividades em 2015, segundo os proprietário, localizada as margens do Rio Amazonas em Itacoatiara, a náutica possui uma área de cerca de 280m², é uma das principais fornecedoras de canoas em alumínio para a região, e isso deve-se a maior facilidade de acesso aos ribeirinhos e tradição familiar neste ramo. A náutica trabalha com modelos de

CAPÍTULO 9

construção de canoas de 6, 7 e 8 metros, de acordo com o pedido do cliente, seja para uma locomoção rápida, para transporte de cargas, ou apenas lazer.

Na sua empresa, além do proprietário, atuam mais 2 colaboradores, um soldador e um pintor, os quais são responsáveis pela fabricação das embarcações. Destaca-se que a náutica possui um sistema de produção artesanal visto que ela é dependente totalmente da experiência de seus colaboradores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para desenvolvimento desta análise, foi realizado o acompanhamento do processo produtivo de um dos principais produtos fabricados pela empresa, uma embarcação de alumínio de 7 metros. As Características da embarcação base para o estudo podem ser encontradas na foto 1 e tabela 1. No tocante ao produto do ponto de vista da fabricação, é apropriado citar que toda a lancha tem sua estrutura fabricada em alumínio naval composto de chapas, perfis, e itens de variadas dimensões, espessuras e tipos conforme descrito na tabela 1 e 2.

Figura 1 - Embarcação Objeto de Estudo



Fonte: Autor, 2019

Tabela 1: Características da Embarcação Objeto de Estudo

Principais Características	
Comprimento	7 Metros
Largura	1.30 Metros
Altura	0,42 Centímetros
Lotação	8 pessoas
Capacidade de Carga	550 kg em média
Peso Total	90 kg

Fonte: Autor, 2019

CAPÍTULO 9

Mapeamento do Processo

O início do processo se dá pelo pedido da embarcação, que na maioria das vezes acontece as margens do Rio Amazonas, onde os clientes sejam eles ribeirinhos, pescadores ou esportistas chegam à náutica para fazer suas encomendas, outras vezes a negociação acontece por telefone. Segundo o proprietário, o cliente interessado vem pessoalmente fechar o negócio e dar as instruções de como gostaria de receber seu produto.

Figura 2 - Pedido da Embarcação



Fonte: Autor, 2019

Em seguida, acontece o processo de aquisição dos materiais com seus fornecedores na capital Manaus, os pedidos são realizados telefone e entregues por via terrestre, em caminhões baús que prestam serviços a empresa fornecedora como apresentado na figura 3. Os materiais enviados sob encomenda são principalmente as chapas de alumínio, principal matéria primas. Os materiais utilizados na montagem e processamento, como discos de corte, arrebites, soldas entre outros são comprados localmente ou em quantidades maiores em Manaus e armazenados no estaleiro. Após a entrega e recebimento de todo material que leva cerca de quatro dias, inicia-se o processo de construção da canoa em alumínio. O processo de produção inicia-se quando o material necessário está disponível e dura cerca de seis dias.

CAPÍTULO 9

Figura 3 - Entrega dos materiais



Fonte: Autor, 2019

O processo inicia-se com a medição e desenho dos moldes da canoa nas chapas de alumínio deitadas no chão, conforme figura 4. O processo ocorre de forma artesanal e improvisada, desta forma observa-se que partes de outras folhas acabam sendo adaptadas e usadas como régua, também é utilizado um pincel próprio para marcação em alumínio. Na etapa seguinte, as peças cortadas são levadas para a máquina de frisar (Figura 5), onde o processo de frisamento fará com que as chapas adquiram maior resistência e menor maleabilidade.

Figura 4 - Marcação das Chapas



Fonte: Autor, 2019

Figura 5 - Frisamento



Fonte: Autor, 2019

A primeira parte a ser medida, marcada, frisada e cortada são as laterais da canoa e para isso é usado uma serra circular para o corte, e a chapa marcada é de 6m x 1,25m de 2mm, e dependendo do pedido do cliente se a canoa for estreita, a mesma chapa será feita uma lateral e parte do fundo, mas quando a embarcação é larga, essa parte da canoa leva uma chapa inteira. O próximo passo é a junção do fundo com as laterais (Figura 6), são as primeiras partes que ficarão prontas da embarcação, e para

CAPÍTULO 9

isso é necessário a mão de obra de duas pessoas que começarão a juntar as peças e soldá-las, uma lateral de cada vez. Após o processo de solda e junção das laterais e fundo, e a popa, são acrescentadas as bordas em toda extensão das laterais que são os perfis em “U” de alumínio e também o chamado “verdugue”, que são canos em alumínio cortados e soldados na parte externa das laterais.

Figura 6 - Junção das laterais e Cavernas



Fonte: Autor, 2019

Após essa etapa começa a estruturação interna da canoa, onde são usadas os perfis ou ‘cavernas’ de alumínio para reforçar a parte do interior, as quais são soldadas em paralelos e transversais, como mostrado na Figura 7, tal propósito é de extrema importância para que o casco da embarcação se torne seguro e estável, e o processo começa pelas laterais até alcançar o fundo, logo após são colocadas as transversais, nesse momento também é usado um prumo de centro para pôr a estrutura no nível, no processo de “sutamento” onde a embarcação é fixada no chão e é verificado se alguma das laterais está mais alta que a outra, ou se proa ou a popa estão na alturas e níveis ideais.

CAPÍTULO 9

Figura 7 - Colocação das 'cavernas'



Fonte: Autor, 2019

As próximas peças a serem montadas, são as que darão forma aos assentos, primeiramente são medidas, marcadas e cortadas, e logo após o corte acontece mais dois processos que são o frisamento e agora o dobramento das peças, realizado em uma dobradeira industrial, sendo que primeiro são soldados as laterais, e no espaço vazio dos bancos são colocadas garrafas pets reaproveitadas do lixo e devidamente tampadas, são utilizadas aproximadamente cem garrafas pet de dois litros que são distribuídas entres os assentos, para só posteriormente receberam as tampas dos assentos. Este processo é uma medida de segurança, sua função principal é para que no caso de um naufrágio a canoa se mantenha flutuando.

CAPÍTULO 9

Figura 8 - Introdução de garrafas pets nos espaços vazios dos assentos



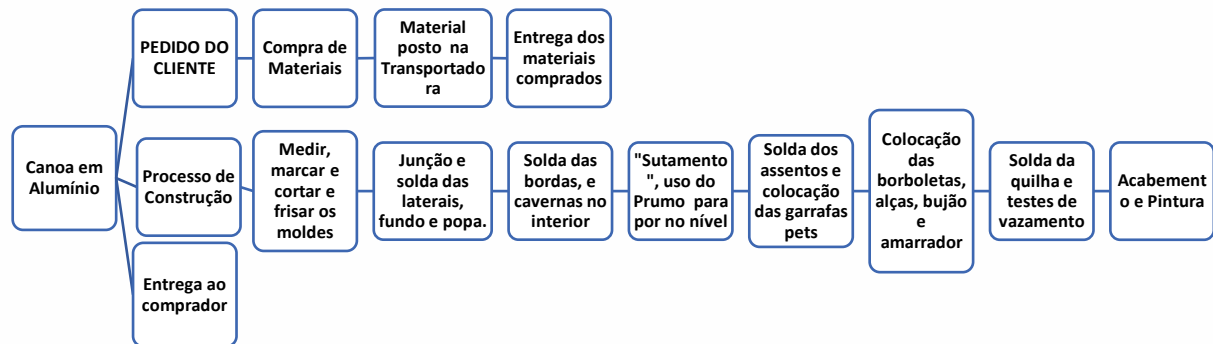
Fonte: Autor, 2019

Para finalização da construção, é reforçada a popa da embarcação que recebe a 'borboleta' que é uma espécie de 'amarração' para maior segurança dela, ela recebe também duas alças, um bujão para o escoamento de águas interna. Na proa se acrescenta o amarrador de proa, também chamado de "bailéu", e por último a canoa é virada, "emborcada", para que se coloque a quilha, o que ajuda no equilíbrio na água. Após o processo de fixação dos acessórios e verificação dos processos, são realizados os testes de vazamento para garantir a flutuação e segurança da embarcação. Com a aprovação desta etapa são realizados os processos relacionados ao acabamento do produto, com destaque para a pintura que é customizada de acordo com as preferências do cliente, após a secagem o produto estará pronto para ser entregue, levando no total de 10 dias entre o pedido e a disponibilização de entrega ao comprador. Como parte do processo final, o cliente é chamado até a empresa para avaliar o produto, caso o mesmo esteja de acordo com as especificações iniciais, o produto é aprovado e entregue ao cliente. Caso o cliente verifique alguma inadequação do produto, as correções serão realizadas antes da

CAPÍTULO 9

entrega final. Na figura 9, o fluxograma mostra o passo a passo desde pedido a entrega do produto e as fases de construção.

Figura 9 - Fluxograma do processo de produção



Fonte: Autor, 2019

O processo produtivo na empresa estudada ocorre em três etapas a primeira que inicia-se com a efetivação do pedido do cliente, que dá origem a etapa de aquisição do material, que conforme descrito acima, pode levar de 3 a 4 dias, com a conclusão deste processo, inicia-se a produção da embarcação deste a preparação dos materiais até a finalização e acabamento. Em seguida o produto fica disponível para a entrega, que ocorre de acordo com a disponibilidade e interesse do cliente. (Figura 9)

Análise do Processo Produtivo

No processo foram constatados alguns entraves relacionados a produção, são elas: a falta de equipamentos e máquinas industriais, instalações inadequadas, falta de materiais em estoque, e falta de recurso para aquisição dos mesmos. Grande parte do maquinário usado na produção são adaptações ou criações de máquinas com a intenção de produzir de uma forma mais viável e com menor custo possível, em outros momentos se é usado maquinário emprestado de outras náuticas próximas, e a maioria dos instrumentos usados são de longa data de aquisição.

CAPÍTULO 9

A respeito da dificuldade da aquisição de capital para a renovação das máquinas, equipamentos e material de estoque, foi informado que a dificuldade ocorre pela baixa procura da fabricação das embarcações, como também a dificuldade em financiamento para o trabalho desenvolvido, da mesma forma o proprietário esclareceu que nos primeiros anos da construção das embarcações em alumínio, chegou a produzir cerca de dezesseis embarcações mensais, mas que atualmente resume-se quatro unidades no mês, e parte disso se deu pelo corte do financiamento das canoas destinadas aos pescadores da região que antes existia no município.

Contudo se abrem alternativas para o melhoramento do processo, como inicialmente a implantação do programa 5S, que é formado por cinco sentidos de origem Japonesa (“Seiri” - utilização; “Seiton” - Organização; “Seiso”- limpeza; “Seiketsu”- Saúde; “Shitsuke”- autodisciplina) e tem como característica mudar a forma de pensar das pessoas visando melhorar o comportamento tanto pessoal como profissional. Tem como objetivo a melhoria do ambiente de trabalho, atinge aspectos culturais da organização, estimula a evolução de pensamentos e comportamentos a níveis mais favoráveis, é uma proposta de reeducação de práticas e valores esquecidos, um modelo de baixo custo, onde seu foco principal é no combate ao desperdício de tempo, de materiais ou na perda humana seja temporária ou permanente, podendo ser aplicado a todas as empresas seja qual for o tamanho, ramo ou atividade. Sua implantação inicializa através da sensibilização para a educação e treinamento de seus colaboradores no intuito de atingir os objetivos e metas específicas, e pôr fim a perpetuação do programa como sistema de aprimoramento da produção.

O outro passo seria a implantação da Gestão da Produção, que trata da coordenação de todos os recursos por meio de processos que controlam e organizam, com intenção de alcançar os objetivos emitidos. Portando envolve a tomada de decisões relativa ao design, operação e a melhoria do sistema necessário a criação dos produtos e de serviços. Com entrada nesse sistema é possível listar os recursos voltado a pessoas, máquinas, materiais, ferramentas, instalações fabris, informação e outros, obtendo do sistema, produtos ou serviços com a finalidade do aperfeiçoamento da empresa. Isso manteria a competitividade entre empresas, melhoraria a qualidade dos serviços prestados e caminharía para o alcance da excelência no ramo de negócios em que atua. Pois tudo que utilizamos de alguma maneira passou por um

CAPÍTULO 9

processo produtivo, sejam roupas, alimentos ou até mesmo embarcações, e organizar este processo eficaz e eficientemente é o objetivo da gestão de produção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo voltado a fabricação de pequenas embarcações em alumínio e seu processo, deu-se principalmente por estarmos dentro de uma região cercada por rios, onde o transporte fluvial é o principal meio de deslocamento para grande parte da população amazonense.

Constatou-se que o processo produtivo ocorre de maneira espontânea, conforme surgem as demandas ou problemas, os mesmos são atendidos, não há programação ou organização do processo e do fluxo produtivo de forma a reduzir custos e perdas ou otimizar recursos e processos, cabendo a aplicação de ferramentas e técnicas para melhorias do processo.

O trabalho atendeu ao seu objetivo de entendimento do processo produtivo, identificação de suas características e de seus principais entraves, onde o buscar por informações sobre o assunto em artigos, dissertações, livros, pesquisa em campo, visitas in loco e na observação da realidade estudada, trouxe o melhor entendimento e alcance dos objetivos. Desta forma esta pesquisa buscou avaliar este processo produtivo de forma a identificar dentro das áreas de estudo da engenharia de produção formas de torná-lo mais eficiente.

Dentro da pesquisa algumas limitações foram encontradas, como a dificuldade de acesso, falta de tempo e a produção não ser contínua. A importância do estudo ocorreu principalmente por estarmos dentro de uma região onde a predominância de rios são numerosos, onde o transporte fluvial para grande parte da população, até então é o principal meio de locomoção. E estudar formas de melhorar o processo, é conferir aos usuários desse transporte, condições de um melhor desenvolvimento, assim como também a sua segurança e qualidade de vida. Pois isso constitui elemento vital para sua economia, para seu cotidiano e sua sobrevivência. Desta forma, este estudo pode servir de base para pesquisas.

CAPÍTULO 9

REFERÊNCIAS

ANTUNES, J. et al. **Uma Revolução na Produtividade - A Gestão Lucrativa dos Postos de Trabalho**. 1º. ed. Porto Alegre: Bookman, v. I, 2013.

CHIAVENATO, Idalberto. **Administração da Produção: uma Abordagem Introdutória** (Vol. 16). Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2011. 690p.

DUARTE, D. **Manaus: entre o passado e o presente**. 1º. ed. Manaus: Midia.comm, v. I, 2009.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de Metodologia**. 5 ed. [rev.]. São Paulo: Saraiva, 2006. FENLEY, Claudio Augusto. **Aviação e desenvolvimento sustentável do Amazonas** 2007 http://teses.ufrj.br/COPPE_D/ClaudioAugustoFenley.pdf

FENLEY, Claudio Augusto. **Aviação e desenvolvimento sustentável do Amazonas** 2007 http://teses.ufrj.br/COPPE_D/ClaudioAugustoFenley.pdf

FIGUEIREDO, Mário Rosado. **Novas tecnologias de construção naval em madeira**, 2004. Disponível em: www.carpinteriaderibeira.org/Doc/NovasTecnologiasEmMadeira.pdf

MARTINS, P. G., & Laugeni, F. P. (2005). **Administração da Produção** (Vol. 2). São Paulo: Saraiva.

PALETTA, J. **Revitalização da indústria naval inaugura período de oportunidades**. Revista Negócios Offshore, pp. 1-9, 20 nov de 2006

ROCHA, D. **Fundamentos técnicos da produção**. 1 ed. São Paulo: Markon Books, 1996.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2008.

CAPÍTULO 10

Análise comparativa de material particulado em galpões de triagem de material reciclável

Comparative analysis of particulate material in sorting sheds of recyclable material

Henrique Augusto Chaves Ferreira da Silva¹

Clarissa Melo Lima¹

Roberto Bernardo da Silva²

Paulo Celso Gomes dos Reis³

¹ Departamento de Administração – Universidade de Brasília

² Faculdade de Engenharia Civil - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

³ Departamento de Engenharia de Produção – Universidade de Brasília

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.10



AYA EDITORA

CAPÍTULO 10

Resumo: O presente estudo apresenta as influências negativas do material particulado em galpões de triagem de lixo seco sobre os catadores, assim como questões que influenciam no material particulado. Realizando uma comparação entre quatro galpões de triagem com referência a concentração de material particulado totais (PTS) e de 2,5µm, visando identificar os fatores que influenciam no aumento ou não do mesmo, assim como a incidência do uso de EPIs. Os galpões foram selecionados conforme disponibilidade de visita, e limitados pelo tempo disponível para a realização da coleta, sendo que foram realizadas em cada galpão 80 medições durante um período de 1 hora e 20 minutos para (PTS) da mesma forma para 2,5 µm. Com base nos dados coletados foi possível identificar que a concentração de material particulado apresenta aumento em momentos específicos, quando ocorria a incidência de ventos e quando os catadores retiravam o lixo das pilhas para despejar nas esteiras de triagem.

Palavras-chave: galpão de triagem. material particulado. catador. coleta seletiva.

Abstract: The present study presents the negative influences of the particulate material in dry waste sorting sheds on the collectors, as well as issues that influence the particulate material. Performing a comparison between four screening sheds with reference to the concentration of total particulate material (PTS) and 2.5 µm, in order to identify the factors that influence the increase or not, as well as the incidence of the use of PPE. The sheds were selected for availability and according to the time available for the collection. 80 samplings were made out in each shed during a period of 1 hour and 20 minutes, for PTS in the same way for 2.5 µm. Was possible to identify that the concentration of particulate material increases at specific times, when the incidence of winds occurred and when the collectors retired the garbage from the piles to dump on the sorting mats.

Keywords: screening sheds. particulate material. garbage collector. selective collection.

INTRODUÇÃO

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que foi estabelecida pela Lei Federal nº12.305 de 2 de agosto de 2010, cap. VI art. 47 acerca dos resíduos sólidos e rejeitos que “fica proibido o lançamento in natura a céu aberto, excetuados os resíduos de mineração” (BRASIL, 2010), sendo assim, os centros de triagem de material seco foram adotados para dar destinação adequada para tais.

Devido a importância da atividade desempenhada nos Centros de Triagem, o trabalhador responsável por esta atividade merece devida atenção, pois uma vez que existe uma melhora na qualidade de vida dos mesmos pela perspectiva aparente, se faz necessário que seja realizada uma avaliação pela perspectiva de questões podem

CAPÍTULO 10

contribuir negativamente para a sua saúde. Nesse sentido o material particulado não pode ser deixado de lado.

O material particulado em concentrações inadequadas, podem gerar sérios danos à saúde dos catadores, dessa forma, muitas vezes desconhecida, a presença de tal material nos ambientes de trabalho dos catadores necessita ser mitigado. Nesse sentido, é fundamental que se atente ao uso devido dos equipamentos de segurança individual (EPIs).

A presente pesquisa se justifica pelo crescimento nos debates de alternativas de tratamento do lixo das cidades, justificado pelo crescimento da população, aumento da renda per capita, não deixando de lado seus efeitos sobre o meio ambiente, sua apropriada população e os agentes envolvidos em seu tratamento.

REFERENCIAL TEÓRICO

Resíduo e Rejeito

Para Bidone (2001), o significado de resíduo deve ser visto como relativo, sendo que seu valor de uso e utilidade nula para seu detentor, pode ser considerada como possuidora de valor de uso positivo para outro.

Segundo Bidone (2001), existe a necessidade entender resíduos com uma certa dualidade, ou seja, resíduos podem ou não apresentar utilidade e valor de uso, dessa forma, é apresentado o significado de resíduos sólidos, como sendo materiais, substâncias, objeto ou bens descartados resultantes de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semissólido, possui valor econômico e podem ser aproveitados, gerando trabalho e renda (BESEN *et al.*, 2016).

De acordo com Arruda (2017), rejeito é quando não há possibilidades de reaproveitamento ou reciclagem, e não existe solução final para o item ou parte dele, dessa forma, o destino final fica por incumbência do aterro sanitário ou da incineração.

CAPÍTULO 10

Coleta Seletiva e Sociedade

A coleta seletiva de acordo com a Lei 12.305/2010 Art. 3º Inciso V, é a coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição (BRASIL, 2010). De acordo com Machado (2013), a separação dos resíduos sólidos segundo suas propriedades físicas visa melhorar a qualidade dos resíduos que serão destinados ao reuso ou a reciclagem, assim com uma questão importante é o estado dos resíduos. Ou seja, quanto mais limpos e separados os resíduos estão, maior será o seu valor de mercado.

Papel dos Catadores

Para o Ministério do Meio Ambiente entre 2010 a 2017, os catadores de matérias reutilizáveis e recicláveis, atuam nas atividades da coleta seletiva, triagem, classificação, processamento e comercialização dos resíduos reutilizáveis e recicláveis, contribuindo assim, para a cadeia produtiva da reciclagem.

Para Siqueira e Moraes (2009) os catadores podem ser divididos em três categorias, catadores de rua, catadores cooperativados e catadores de lixão. Os catadores cooperativados e auto gestionários são aqueles que prestam serviço de coleta seletiva, de forma organizada, gerando assim trabalho e renda.

O trabalho dos catadores organizados em cooperativas de acordo com Bourahli et al. (2011), são de suma importância para o meio ambiente e para a sociedade, contribuindo para a redução do impacto ambiental, dessa maneira contribuindo para a reciclagem de grande parte dos resíduos sólidos potencializando assim a inclusão social desta população.

Poluição do Ar

Em conformidade com eCycle (2018) a poluição do ar é quando ocorre a entrada de qualquer substância que devido a sua concentração pode se tornar nociva à saúde e

CAPÍTULO 10

ao meio ambiente, sendo também referida como poluição atmosférica apresenta-se como contaminação do ar, podendo ela ser devido a gases, líquidos, partículas sólidas em suspensão, material biológico assim como energia.

De acordo com World Bank et al. (2014) respirar ar poluído aumenta as chances de desenvolver doenças debilitantes e mortais como câncer, AVC, doenças do coração, assim como bronquite crônica. Ainda de acordo com World Bank a poluição do ar se tornou o quarto maior risco para a saúde, causando a causadora de uma a cada dez mortes em 2013.

Material Particulado

Conforme Castanho (1999) o material particulado inalável presentes do ar são tóxicos a saúde da população assim como cancerígenos. Este material podem ser partículas como poeira, sujeira, fuligem podem estes serem visíveis a olho nu, entretanto outros apenas podem ser vistos por meio de aparelhos.

De acordo com a CETESB (2012) os materiais particulados podem ser classificados principalmente conforme sua dimensão em partículas Totais em Suspensão (PTS), partículas inaláveis (PM₁₀), Inaláveis Finas (PM_{2,5}) e fumaça (FMC), e o tamanho das partículas estão diretamente associados ao potencial de danos à saúde humana, sendo quanto menores, maiores os danos.

Ainda de acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (2012), podem ser definidas:

A. Partículas totais em suspensão (PTS);

Partículas que apresentem diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 50 µm, sendo que partes dessas partículas podem afetar a saúde humana e a outra parte interfere na qualidade interferindo principalmente esteticamente no ambiente e nas atividades do dia-a-dia da população.

B. Partículas Inaláveis Finas (PM_{2,5});

CAPÍTULO 10

Partículas que apresentam diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 2,5 µm. Em decorrência de seu tamanho inferior ao PTS possuem a capacidade de penetração no sistema respiratório, podem até atingir os alvéolos pulmonares.

Regulação da Qualidade do Ar

A regulamentação de índices de referência para qualidade do ar varia de país para país, no caso da Organização Mundial de Saúde (OMS) (2006) que trabalha com recomendações de exposição máxima a tais partículas, se baseando em dados de mortalidade conforme o grau de exposição a estes materiais. A OMS estabelece limites específicos de exposição de determinadas partículas, com MP10, MP2.5, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Limites recomendados de concentração de partículas no ar atmosférico OMS

POLUENTE	CONCENTRAÇÃO (µg/m³)	TEMPO DE AMOSTRAGEM (Horas)
Partículas inaláveis (PM 2,5)	25	24

Fonte: Adaptado de (SILVA, 2018)

Já para a CONAMA, os limites recomendados são diferentes, valendo ressaltar que na resolução Conama Nº 003 de 28 de junho de 1990, logo em seu artigo 2º, estabelece dois padrões para a qualidade do ar, sendo um Primário e o outro Secundário, onde o primeiro se refere a concentrações de poluentes que caso sejam ultrapassadas podem gerar riscos à saúde da população, e o segundo trata-se de gerar efeitos negativos mínimos ao meio ambiente e a saúde. Na Tabela 2 foram usados os dados referentes ao critério primário de concentração no ar.

Tabela 2 - Limites recomendados de concentração de partículas no ar atmosférico CONAMA

POLUENTE	CONCENTRAÇÃO (µg/m³)	TEMPO DE AMOSTRAGEM (Horas)
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	240	24
Partículas inaláveis (PM 2,5)	150	24

Fonte: Adaptado de CONAMA (1990)

CAPÍTULO 10

Equipamentos de Proteção Individual

Conforme exposto no Anuário Estatístico da Previdência Social (AEPS, 2017), no ano de 2017 ocorreram cerca de 549 mil acidentes de trabalho notificados ao Instituto Nacional de Seguro Social (INSS) do qual 2096 óbitos. Tais dados indicam a necessidade do uso dos equipamentos de proteção individual (EPIs), afim de atenuar os riscos no ambiente de trabalho. Independente de contribuir para mitigar acidentes de trabalhos como amputação, intoxicação e contaminação, o seu uso é obrigatório, previsto na Lei nº 6.514/77 da CLT, art. 158 de 1977.

Existes diversos EPIs, com funcionalidades e objetivos diversos como proteção para cabeça, auditiva, respiratória, ocular e facial, pés e pernas, entre outros. Os usos dos mesmos são proporcionais com seus objetivos, sendo os mais relevantes no caso do presente estudo, as luvas, calçados fechados, mascaras e óculos de proteção.

METODOLOGIA/ABORDAGEM METODOLÓGICA

O presente trabalho de pesquisa pode ser classificado conforme sua abordagem como qualitativa e quantitativa. A abordagem qualitativa possibilita captar não só a aparência do fenômeno como também suas essências, procurando explicar sua origem, relações e mudanças, e tentando intuir as consequências. (SILVEIRA; GERHART, 2009). Já a abordagem quantitativa vem a fim de contribuir com a consistência metodológica do trabalho, dessa forma Goldenberg (2004) comenta que tal abordagem visa uma representatividade clara a partir de procedimentos claros.

O objetivo do trabalho é de mensurar de PM e avaliação da situação de trabalho dos catadores de cooperativas que operam nos galpões de triagem de material seco por meio de indicadores de material particulado no ar. Dessa forma, o trabalho se enquadra sobre o eixo da pesquisa descritiva, e para Gil (2008) trata-se de uma pesquisa que tem como objetivo principal a descrição das características de uma determinação população, fenômeno ou até um estabelecimento.

CAPÍTULO 10

Os procedimentos de coleta de dados utilizados neste presente trabalho é a pesquisa documental, observação direta, e coleta de dados do material particulado fazendo uso do equipamento DustTrak II, assim como foram realizadas entrevistas não estruturadas com os gestores responsáveis pelos centros de triagem.

Para a medição do PM, o DustTrak II 8532 da TSI Incorporated era calibrado em todo início de medição, melhorando a precisão do mesmo. Foi determinado que seriam realizadas medições de 1 hora e 20 minutos (totalizando 80 amostras cada) para 2.5 μm e da mesma forma para Partículas Totais (PTS), em 4 galpões de triagem. Dessa forma, só foi feita a medição durante o período de atividade dos catadores.

A fim de aferir um valor referência para comparação da concentração do material particulado, foi utilizado os índices da resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) assim como a da OMS (Organização Mundial de Saúde). Referência essa que pode ser observada na Tabela 1 e 2. Os limites indicados na resolução CONAMA para PM 2.5, indica um valor onde a média para 24 horas não pode superar o valor de referência mais de uma vez no ano.

A fim de verificar as condições de trabalho quanto ao uso do EPI (luvas, calçados fechados, máscara e óculos de proteção), será apresentado uma tabela de incidência acerca do uso de tais para cada galpão, justificada pela a contribuição positiva na prevenção de acidentes e doenças no ambiente de trabalho. Para tal a tabela seguirá o padrão, onde “Perfeito” é quando 100% dos catadores fazem o uso do respectivo equipamento, para “Alto” o uso foi acima de 75%, “Médio” o uso girou em torno de 50%, para “Baixo” o uso é inferior à 50%, e “Ausência” é quando houve a ausência total do uso do equipamento de proteção.

Caracterização os Participantes

Os principais participantes no presente trabalho são os catadores que trabalham nas cooperativas e atuam nos centros de triagem, assim como os gestores dos centros de triagem, buscando a percepção dos gestores frente a realidades dos galpões. A atuação dos catadores nos centros de triagem gira em torno da separação do material que é considerado de valor para eles e o restante é colocado em containers que são considerados rejeitos.

CAPÍTULO 10

Existem catadores dentro dos galpões que ficam responsáveis por operar as empilhadeiras, e outros ficam responsáveis por retirar o material da pilha do material proveniente da coleta seletiva. No geral, não é bem definido as atividades dos catadores, sendo que os homens realizam uma diversidade maior de atividades em comparação com as mulheres.

Caracterização do local de pesquisa

Neste tópico do trabalho, serão levantadas as características referente a cada galpão individualmente, ressaltando as diferenças e semelhanças existentes entre elas. Os centros de triagem ou galpões de triagem objetos de pesquisa são áreas cobertas em que permitem a atuação de uma ou mais cooperativas por vez, sendo que todo o material classificado como rejeito é despejado em containers e dispostos fora do galpão, e perto da área de retirado do mesmo pelos caminhões.

A presença de equipamentos é uma das características de semelhança existente entre os galpões, tais como esteira rolante de triagem, empilhadeira e contentores de lixo para disposição de rejeito.

Galpão 1

As características presentes neste galpão são grandes aberturas na lateral de forma a facilitar a circulação do ar, diminuindo também a temperatura da área de trabalho dos catadores, onde duas cooperativas de catadores trabalham simultaneamente em áreas divididas do galpão. No exterior do Galpão ventos levantam a poeira do chão, fazendo-a adentrar pelas entradas do local.

Os catadores trabalham em turnos matutinos e vespertinos começando 8 horas da manhã e terminando as 12 horas na parte da manhã e a parte da tarde começam as 14 horas e terminam as 18 horas, sendo que o trabalho deles é limitado pelo monte de material da coleta seletiva que é despejado nas proximidades das esteiras. Foi observado a presença de material orgânico nos montes de matérias

CAPÍTULO 10

provenientes da coleta seletiva, poeira, assim como a presença de insetos como moscas, baratas, larvas e besouros devido a tal questão.

Galpão 2

No galpão 2 o espaço é questão bastante evidente quanto a sua limitação, e de saídas de ar, havendo somente 1 entrada/saída, onde uma cooperativa trabalha no local, em dois turnos de 8 horas da manhã até 14 horas, e no turno seguinte se inicia as 14 horas e termina as 20 horas, de maneira semelhante a flexibilidade de horário se faz presente, onde a pausa para o almoço é definida de acordo com o termino da triagem do material, fazendo com que os catadores tenham que esperar o próximo caminhão chegar para que seus trabalhos continuem.

Da mesma forma que no galpão 2 foi observado a presença de material orgânico junto do material da coleta seletiva, assim como a presença de moscas e larvas. A situação se repete referente a poeira presente no local, entretanto a circulação de ar é reduzida, justificado pela limitação de saída e entradas.

Galpão 3

O galpão 3 possui saídas laterais e 1 frontal, e há circulação do ar próximo às saídas. Nesse local duas cooperativas trabalham onde uma delas possui a escala de 4 hora, das 8 horas até 12 horas, e depois das 14 horas até 18 horas. Já a outra cooperativa não possui escalas, realizando suas atividades das 8 horas até 18 horas com os mesmos catadores. Foi possível observar a presença de material orgânico junto do material da coleta seletiva. Tal galpão possui características semelhantes com o galpão 1 e 2.

CAPÍTULO 10

Galpão 4

Trabalham neste galpão, duas cooperativas. Não foi informado acerca do horário de trabalho dos catadores. Diferente de todos os outros galpões, este galpão não possui nenhuma saída ou entrada de ar que permita a circulação do ar de forma natural, questão essa que dificulta a dispersão dos odores provenientes da matéria orgânica presente no material de triagem, assim como da poeira presente, e na redução da temperatura no ambiente.

RESULTADOS

Após ter sido realizado a coleta dos dados quantitativos do material particulado e realizado as entrevistas com os catadores e o gestor de cada galpão de triagem, os dados foram analisados e por fim foi feito um quadro comparativo entre os galpões, entre o material particulado.

Comparativo entre os Galpões

Ao final da coleta de dados foi possível comparar a concentração de PM nos galpões conforme a Tabela 3. No que refere ao material particulado 2,5 foi possível observar um padrão estável quanto a concentração média entre os galpões 1, 2, 3 e 4, pois se encontram próximos no limite da OMS. O menor valor médio foi no galpão 3, questão essa que pode ser associada ao trabalho dos catadores serem realizados nas proximidades das saídas de ar no galpão e pelo fato do galpão estar situado no geral acima do nível da local de circulação dos caminhões.

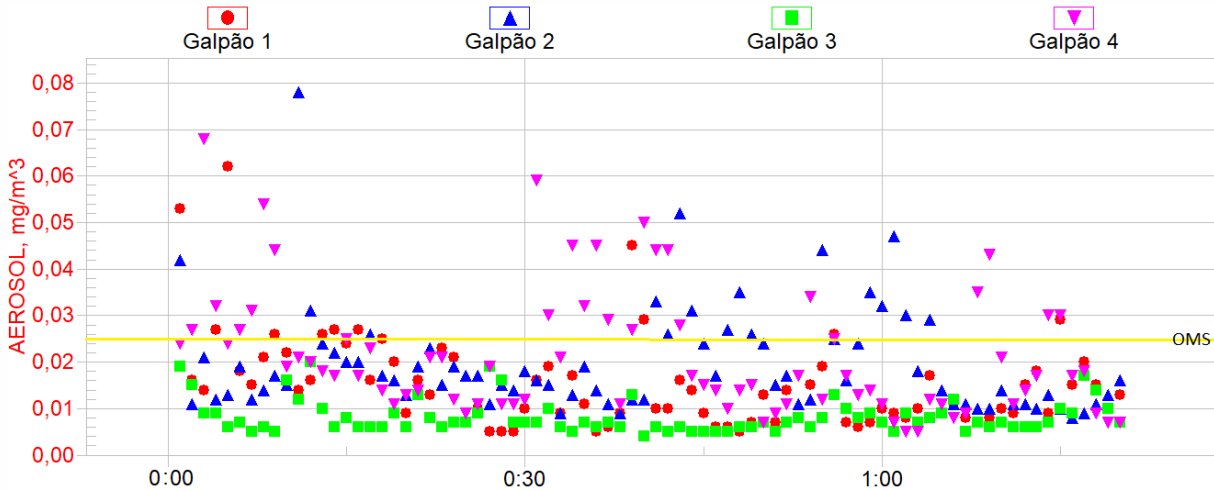
CAPÍTULO 10

Tabela 3 – Comparação de PM 2.5

	Mínimo (µg/m³)	Média (µg/m³)	Máximo (µg/m³)	CONAMA	OMS
Galpão 1	5	15	62	150 µg/m³	25 µg/m³
Galpão 2	8	20	78		
Galpão 3	4	8	20		
Galpão 4	5	21	68		

Fonte: Elaboração Própria

Figure 1 - Comparação entre pontos de medição PM 2.5



Fonte: Elaboração Própria

De acordo com o Figura 1 pode-se observar que de 320 medições, 51 delas ficaram acima dos limites estabelecidos pela OMS que na figura está representado pela linha amarela. Esta ocorrência pode ser associada aos picos de concentração observados nos galpões em momentos quando ocorria o levantamento do material com o propósito de despejar sobre as esteiras ou sobre os recipientes utilizado pelos catadores quando as esteiras não eram utilizadas, assim como em momentos em que ocorria rajadas de ventos dentro do galpão, exceto no galpão 4 que o vento não ocorria por fontes naturais.

Com relação a concentração de PTS, foi observado que em grande parte do material influenciador foi a poeira. No geral a concentração média de PM totais está abaixo dos limites, entre tanto os máximos obtidos nas medições do galpão 1 e 4 estão consideravelmente acima dos limites estabelecidos pela resolução do CONAMA.

A situação anterior representa a grande elevação da concentração em momentos específicos, o que foi presente nos galpões 1, 3, e 4, o que não possível observar com frequência no galpão 2. O que é devido a insuficiência de containers para armazenamento de rejeito e falta de material para triagem. Dessa forma, as

CAPÍTULO 10

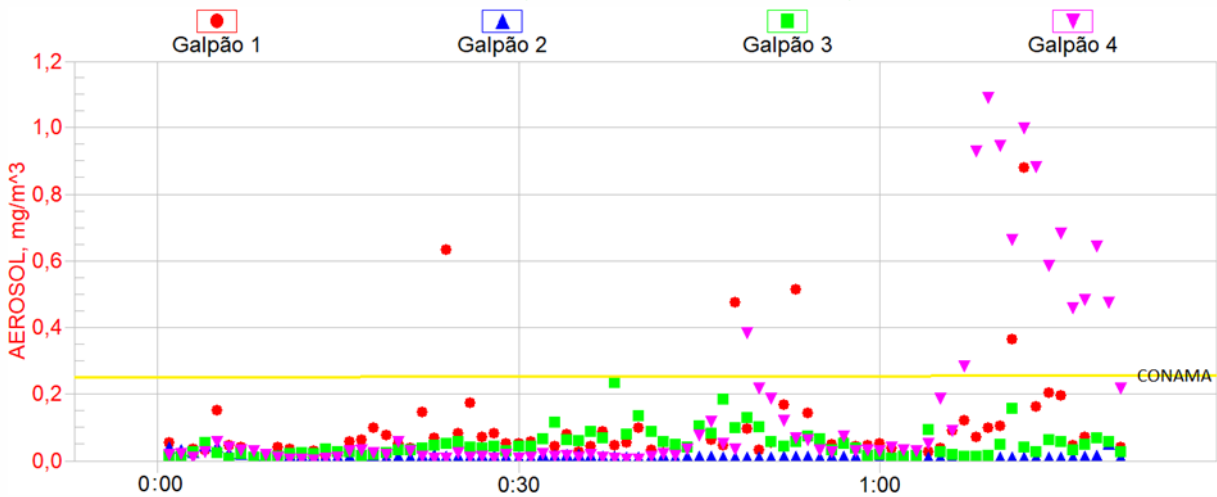
atividades foram suspensas com bastante antecedência ao termino normal do turno de trabalho.

Tabela 4 - Comparação de PTS

	Mínimo (µg/m³)	Média (µg/m³)	Máximo (µg/m³)	CONAMA
Galpão 1	10	97	880	240 µg/m³
Galpão 2	9	15	50	
Galpão 3	7	50	234	
Galpão 4	2	151	1090	

Fonte: Elaboração Própria

Figure 2 - Comparação entre pontos de medição PTS



Fonte: Elaboração Própria

Tendo como base a Figura 2 que demonstra as medições de PM totais, mostra que de 320 medições, apenas 19 delas apresentaram valores acima do limite (linha amarela). Mesmo que esses valores tenham sido menos frequentes, foi possível observar a associação direta com as questões também observadas nos galpões.

Entretanto o galpão 4 merece a devida atenção, pois foi o que apresentou valores de até 4,5 vezes o limite estabelecido pela resolução do CONAMA, devido ao momento de limpeza que os catadores puxavam os recipientes em que eram colocados os materiais triados, e quando eles varriam o chão, levando toda a poeira localizada no chão do galpão.

No geral, acerca do material particulado houve uma média abaixo dos limites estabelecidos, entretanto em momentos específicos haviam picos na concentração do material particulado, cabendo dessa forma procurar saídas que melhorem as condições da exposição dos catadores nesses determinados momentos.

CAPÍTULO 10

Conforme a coleta de dados e as observações realizadas nos galpões foi possível observar a constante presença de matéria orgânica, materiais como comida, fraldas, restos mortais de animais entre outras, o que dificulta o trabalho dos catadores, pois a matéria orgânica possui um peso maior do que o lixo seco, que se trata daquele material que pode ser reciclado, exigindo assim mais força de trabalho, provocando odores, e atraindo insetos para o local.

Tabela 5 - Uso de EPI conforme Galpão

Local/Equipamento	Luvras	Calçados Fechados	Mascara	Óculos de Proteção
Galpão 1	Alto	Alto	Baixo	Ausência
Galpão 2	Perfeito	Perfeito	Ausência	Ausência
Galpão 3	Alto	Perfeito	Baixo	Ausência
Galpão 4	Perfeito	Perfeito	Baixo	Ausência

Fonte: Elaboração própria

No geral, havia um baixo uso dos equipamentos de segurança, exceto os mais básicos, calçados fechado e luvas. Já no caso do uso de máscaras protetoras somente 3 pessoas nos 4 galpões estavam fazendo o uso de tal durante o trabalho. De acordo com a tabela 5 de incidência do uso de EPI, é possível perceber que ainda que evidente os efeitos positivos do uso de tais, grande parte dos catadores não os usa. Questão que é justificada pelos catadores como, “prejudica a respiração”, “sufoca”, “perco a sensibilidade”, entre outras.

Foi percebido que de fato os EPI prejudicavam os catadores, principalmente aqueles de mais idade, pois como foi observado no galpão 4, a falta de circulação do ar, incidência de vento prejudica a regulação da temperatura do ambiente, criando um ambiente prejudicial para o catador, aumentando o odor proveniente do lixo, aumentando a temperatura, dificultando dessa forma a respiração deles.

CONCLUSÃO

Com base em observações realizadas em momentos em que havia vento nos galpões, o material particulado apresentava alteração para cima, podendo indicar que além dos catadores o vento fazia com que o PM que se encontrava assentado no chão e no lixo era levantado, aumentando assim a sua quantidade no ar.

CAPÍTULO 10

Como pode ser observado no galpão 4 existem casos extremos em que o vento pode ser sim um fator contribuinte para o aumento de PM no ar. Entretanto a ausência do mesmo gera fatores que prejudicam no trabalho dos catadores, como é o caso de fortes odores.

É possível indicar que a circulação de ar é fundamental para que o trabalho dos catadores seja feito de uma maneira mais agradável, principalmente no que se refere a odores. Dessa forma, é essencial que os galpões possuam grandes entradas e saídas de ar, entretanto, caso essa medida seja adotada os catadores próximos às saídas devem fazer uso de EPI visando diminuir os riscos à saúde.

Fazendo um paralelo com a situação obtida sobre o aumento do PM em determinados momentos com a dificuldade do uso de EPI relatado pelos catadores, é possível indicar que pelo menos parte dos catadores façam o uso devido destes equipamentos. Os catadores responsáveis pelo levantamento do material para ser despejado nas esteiras, assim como os catadores que ficam no início e no final das esteiras, sendo os locais onde a concentração do PM aumenta mais frequentemente e com maior intensidade.

A situação do galpão 4 é a mais impactante para a saúde dos catadores, fica indicado de maneira geral, que os catadores não usem vassoura para limpar a área dos galpões, e caso seja preciso realizar algum tipo de limpeza no galpão, seja feita fora do horário da triagem, fazendo uso de máscaras e óculos, pois a poeira presente no chão dos galpões em grande quantidade e facilmente pode favorecer doenças respiratórias.

Este trabalho não conclui as questões, e possibilidades de melhoria nas condições de trabalho dos catadores, sendo assim, é indicado para futuras pesquisas que as medições sejam feitas de maneira longitudinal no tempo, buscando não só pesquisar os galpões de triagem.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, G. **A diferença entre lixo, resíduo e rejeito e como é feito o gerenciamento com a implantação da ISO 14001**. Disponível em: <<https://www.vgresiduos.com.br/blog/a-diferenca-entre-lixo-residuo-e-rejeito/>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

CAPÍTULO 10

AEPS. **ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL**. 2017. Disponível em: <<http://sa.previdencia.gov.br/site/2019/04/AEPS-2017-abril.pdf>>. Acesso em: 25 junho. 2020.

BESEN, G. R. *et al.* **Gestão da coleta seletiva e de organizações de catadores: indicadores e índices de sustentabilidade**. 1. ed. São Paul. 2010.

BIDONE, F. A. **Resíduos Sólidos Provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização** - Rede cooperativa de pesquisas - PROSAB. p. 216, 2001.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 18, de 6 de maio de 1986. Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE**. DOU, de 17 de junho de 1986, Seção 1, p. 8792–8795, 1986.

BRASIL. Lei nº 12.305. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Seção 1, p. 3-7., 2010a. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> .Acesso em: 23 setembro. 2020.

BRASIL. Lei nº 6.514. **Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo a segurança e medicina do trabalho e dá outras providências**. de 22 de dezembro 1977. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6514.htm> .Acesso em: 14 setembro. 2019.

CASTANHO, A. D. D. A. **A Determinação Quantitativa de Fontes de Material Particulado na Atmosfera da Cidade de São Paulo**. 1999.

CETESB. **Qualidade do ar**. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>>. Acesso em: 23 setembro. 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **RESOLUÇÃO/conama/N.º 003 de 28 de junho de 1990**Ministério do Meio Ambiente, 1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>>. Acesso em: 20 setembro. 2020.

ECYCLE. **O que é poluição do ar? Quais seus tipos e consequências?** Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/63/2949-poluicao-ar-atmosfera-perigos-problemas-o-que-e-historico-revolucao-industrial-big-smoke-classificacao-poluentes-co2-cfc-so2-no2-ozonio-fontes-naturais-antropogenicas-impactos-saude-meio-ambiente>>. Acesso em: 19 setembro. 2020.

ENVIRONMENTAL COMPANY OF THE STATE OF SÃO PAULO (CETESB). **Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2016**. 2017 . Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em: 26 jan. 2018.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6º ed. 2008.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**. 2004.

MACHADO, G. **Coleta Seletiva**. Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/coleta-seletiva/>>. Acesso em: 25 junho. 2018.

SILVA, L. DE O. **Análise Comparativa da Poluição Ambiental por Partículas dos Modais Rodoviários e Ferrviários Metropolitano de Transporte Coletivo Urbano de Passageiros no Distrito Federal**. Universidade de Brasília, 2018.

CAPÍTULO 10

SILVEIRA, D. T.; GERHART, T. E. **Método de Pesquisa**. 2009.

SIQUEIRA, M. M.; MORAES, M. S. DE. Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 14, n. 6, p. 2115–2122, 2009.

WORLD BANK; INSTITUTE FOR HEALTH METRICS AND EVALUATION. **The Cost of Air Pollution : Strengthening the Economic Case for Action**. Washington, DC. 2014. Disponível em: <http://www.oecd-ilibrary.org/environment/the-cost-of-air-pollution_9789264210448-en>. Acesso em: 25 junho. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxideGlobal Update 2005 - Summary of Risk Assessment**. 2005. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf;jsessionid=20361B345A1747F0DAB4081AADAC8152?sequence=1>. Acesso em: 9 maio. 2018.

CAPÍTULO

11

Sistemas tolerantes a falhas para servidores e redes de computadores aplicáveis aos sistemas de informação hospitalares

Fault tolerant systems for servers and computer networks applicable to hospital information systems

Eliéser Paiva de Sousa Júnior

Rafael Lemos Pereira

Adan Lucio Pereira

Faculdade Brasileira - Multivix

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.11



AYA EDITORA

CAPÍTULO 11

Resumo: A disponibilidade de dados e informações no ambiente hospitalar tem sido cada vez mais importante. Com os avanços tecnológicos, os documentos físicos estão cada vez mais em desuso. Exames, parecer médicos, prontuários, entre outros registros são inseridos em banco de dados dos sistemas por diversos terminais espalhados em uma unidade. A comunicação entre todos os dispositivos e a alta disponibilidade de informações em tempo integral é imprescindível para o bom funcionamento dos processos e procedimentos médicos. A falha de um equipamento ou interrupção da comunicação entre eles poder refletir diretamente na vida de um paciente. Diante deste cenário, este trabalho apresenta soluções para estabelecer um sistema tolerante a falhas, proporcionando diversas camadas de proteção através de redundância de hardwares, softwares e dados, com o intuito principal de aumentar a confiabilidade de toda estrutura do sistema de informação.

Palavras-chave: alta disponibilidade. tolerante a falha. confiabilidade. sistema de informação.

Abstract: The availability of data and information in the hospital environment has been increasingly important. With technological advances, physical documents are increasingly in disuse. Examinations, medical opinion, medical records, among other records are inserted in the systems' database by several terminals spread over a unit. Communication between all devices and the high availability of information on a full-time basis is essential for the proper functioning of medical processes and procedures. The failure of an equipment or interruption of communication between them can directly reflect on a patient's life. Against this scenario, this work presents solutions to set a fault-tolerant system, establishing several layers of protection through redundancy of hardware, software and data, with the main purpose of increasing the reliability of the entire information system structure.

Keywords: High Availability. Fault Tolerant. Reliability. Information system.

INTRODUÇÃO

Na atualidade, a computação está presente em quase todos os empreendimentos (SILVA *et al.*, 2019). Segundo pesquisa realizada pelo SEBRAE (2015), cerca de 76% dos empresários já utilizavam computadores em seus negócios. Nesse aspecto, cada vez mais as empresas são dependentes de sistemas, acesso à internet e outros recursos interligados à rede (XAVIER; CARVALHO, 2014). O uso e a dependência dos recursos tecnológicos, que atinge desde as empresas até um usuário doméstico, estão cada vez maiores.

Todos esses avanços produzem um grande volume de dados e informações que dependem de *softwares* e *hardware* para manter os sistemas em funcionamento.

CAPÍTULO 11

Estas ferramentas convergem para uma dependência cada vez maior da disponibilidade e conseqüentemente o bom funcionamento dos computadores.

O Sistema de Informação Hospitalar (SIH) é um sistema computacional imprescindível ao ambiente hospitalar, uma vez que, estes assistem o diagnóstico médico, integram informações, auxiliam a melhoria no atendimento de um serviço de necessidade básica, bem como a gestão da saúde por meio da análise dos custos e benefícios. Porém, é necessário garantir a integridade das informações armazenadas, eficácia e impactos de sua aplicação; com objetivo de prevenir consequências penosas, como indução ao erro médico ou processos judiciais (PEREIRA *et al.*, 2012).

Contudo, todos os equipamentos e *softwares* estão sujeitos a falhas físicas ou humanas e que podem ser causados por fadiga de componentes, variações ambientais, problemas de implementação, interferências eletromagnéticas, entre outras (MAGALHAES; PINHEIRO, 2008). Corroborando, uma pesquisa realizada pela *Enterprise Strategy Group – ESG* (2018) em parceria com a Dell, apenas 6% das empresas do mundo estão na faixa considerada totalmente transformadas na curva de maturidade de TI. Esses fatos mostram o quanto é necessário evoluir para que os recursos computacionais, que tanto auxiliam os empreendimentos, não sejam também causadores de prejuízos.

Essa possibilidade de falha pode ser evitada aplicando ferramentas de redundância de informação, onde *softwares* e *hardwares* garantem a preservação dos dados e estabilidade do sistema (KOREN; KRISHNA, 2010). Inserido nesse contexto, o presente trabalho visa analisar os sistemas tolerantes a falhas para servidores e redes de computadores aplicáveis aos ambientes hospitalares. Para isso serão mapeados os sistemas tolerantes a falhas utilizados na literatura. Será proposto soluções de redundância em *hardware* e *softwares* para servidores e apresentar recursos de balanceamento de *links* de internet e redundância de rede

SISTEMAS TOLERANTES A FALHA

A palavra falha constitui uma ausência de perfeição, incorreção ou até mesmo falha de desenvolvimento. Nesse aspecto, os componentes físicos de um computador que

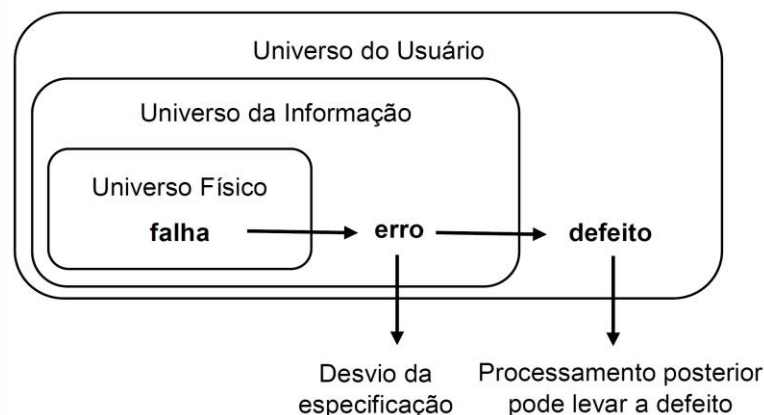
CAPÍTULO 11

lidam com interferências externas e envelhecem estão sujeitos a falhar em algum momento.

Os softwares que fazem a interação entre o usuário e o hardware possuem alta complexibilidade e também estão sujeitos a falhas. Problemas de implementação ou de especificação, componentes defeituosos e fadigas de componentes físicos estão na lista dos principais motivos das falhas. Outra abordagem para a definição desse conceito pode ser definida quando um sistema se desvia da especificação que foi originalmente projetada (WEBER, 2002).

Essa relação de falha em um meio físico até ser observada como um defeito por um usuário é relatada por Magalhães e Pinheiro (2008), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Relação entre falha, erro e defeito.



Fonte: Adaptado de Magalhaes e Pinheiro (2008).

Nesse contexto, as falhas podem ter origem no (universo físico), como um chip de memória que apresenta falha em um de seus bits, ocasionando uma interpretação errada no dado armazenado em uma estrutura (universo da informação), interrompendo o embarque de passageiros de um voo (universo do usuário) por considerar que o voo estava lotado. Esse tipo de informação errada pode ser contornado a partir de redundâncias na estrutura do sistema. Neste aspecto, o Quadro 1 apresenta vários conceitos que foram a base dos sistemas tolerantes a falha.

CAPÍTULO 11

Quadro 1 – Conceitos de sistemas tolerantes a falha.

Sistemas Tolerantes a Falha	Referência
Sistemas projetados com elementos adicionais e algoritmos especiais que garantem um correto funcionamento do sistema mesmo em caso de falha de algum componente. Esse modelo é muito usado em ambientes que necessitam de alta disponibilidade e confiabilidade.	(WEBER, 2003)
Sistemas capazes de computar corretamente independentemente da existência de erros. Em geral, qualquer sistema que contenha funções e componentes redundantes possui algumas propriedades de tolerância a falha	(SHOOMAN, 2003).
Sistema redundante pode ocultar a presença de falhas, pois possuem mecanismos dedicados a contornar alguns problemas. O usuário espera que o sistema esteja sempre à disposição quando requisitado. Sendo assim, é necessário aplicar estratégias para que uma interrupção indesejada não ocorra tão facilmente.	(COSTA, 2009)
As estratégias utilizadas para sistemas tolerantes a falhas não se restringem apenas a alguns pontos críticos como armazenamento de dados, <i>layout</i> da rede ou fornecimento de energia, mas, toda a estrutura física dos equipamentos e a infraestrutura do ambiente são levados em consideração para garantir uma alta disponibilidade ao usuário	(FERREIRA, <i>et al.</i> , 2005)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tipos de redundância

Uma das principais estratégias utilizadas na tolerância de falhas é a redundância. Quatro segmentos de redundância são descritos por Weber (2003). O primeiro deles trata a Redundância de informação, onde as informações (bits extras) são enviadas junto aos dados para localização de erro ou ocultação de falhas. Em seguida tem-se a redundância temporal, onde um reprocessamento é realizado para a verificação de possíveis erros ou falhas. Nessa abordagem possui um aumento no tempo de computação, porém, não depende de custo de hardware.

O Terceiro tipo consiste na redundância de hardware, onde dois ou mais componentes são utilizados em um mesmo sistema de forma paralela ou serial. E por fim pode ser apresentada a redundância de software em que os algoritmos, que são desenvolvidos com ferramentas de bloco de recuperação, verificação de consistência e programação n-versões, com o objetivo de detectar ou mascarar falhas.

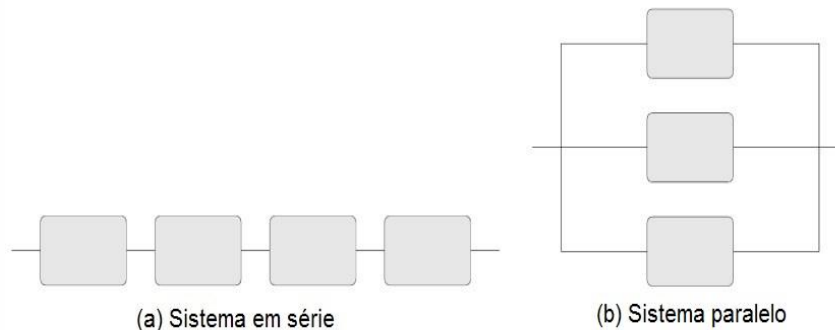
O primeiro tipo de redundância citado é aplicado na fase de fabricação do componente, e o segundo tipo demanda tempo de computação, logo, tratam de uma abordagem distinta da proposta deste trabalho, razão pela qual eles não serão detalhados neste estudo.

CAPÍTULO 11

Hardwares tolerantes a falha

Os mais básicos tipos de construção de sistemas são aqueles organizados em paralelo e serial. Esses sistemas básicos são apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Sistemas serial e paralelo.



Fonte: (KOREN; KRISHNA, 2010).

Na Figura 2a é observado um diagrama onde os blocos, exceto o primeiro, são realimentados pelo bloco anterior e não pela entrada inicial do sistema. Para esse tipo de sistema ser livre de falhas, é preciso que os quatro módulos sejam íntegros. Se qualquer um deles falhar, todo o sistema estará comprometido, não sendo apropriado para um tipo de sistema crítico que busca ser tolerantes a falha. Na Figura 2b a organização foi realizada de forma que todos os módulos estão eletricamente conectados na entrada e saída do sistema. Dessa forma, para ocorrer uma falha é necessário que todos os módulos falhem (KOREN; KRISHNA, 2010).

Essa modelagem em paralelo reduz drasticamente a possibilidade de falha do sistema por possuir um *layout* redundante, ou seja, vários componentes em conjunto habilitados a realizarem a mesma tarefa. Um hardware, que é desenvolvido neste padrão, apresenta uma abordagem mais onerosa em relação ao custo e até um tamanho físico maior em comparação ao sistema tradicional, por possuir diversos componentes que são duplicados. Esses tipos de dispositivos são utilizados em ambientes em que a paralisação ou interrupção de um serviço possuem consequências graves, justificando o investimento econômico e o espaço físico que abrigará o componente.

Um exemplo de equipamento que é desenvolvido utilizando esse modelo de paralelismo, com o objetivo de se obter a redundância de hardware e tolerância a falha, é a linha de servidores em torre PowerEdge T340 da DELL (2020), que possui

CAPÍTULO 11

configurações que permitem a utilização duas fontes de alimentação e duas placas de redes integradas. Esses componentes duplicados mantêm o funcionamento do equipamento mesmo em caso de falha de um deles.

Outra abordagem para se obter a tolerância a falha a nível de hardware é relatada por Koren e Krishna (2010), através da utilização do método chamado *watchdog* (cão guarda ou processador de vigilância), que é aplicado ao processador. Esse tipo de arquitetura insere um módulo que monitora a atividade do processador, executando a detecção de erros através do monitoramento do barramento que interliga o processador à memória.

Essa técnica verifica os fluxos de controle para checar se as execuções dos blocos de códigos estão corretas e na ordem correta. Contudo, vale destacar, que o *watchdog* apenas detecta uma parte dos erros, pois alguns erros não alteram o fluxo normal do programa e nem o seu caminho (KOREN; KRISHNA, 2010).

O *watchdog* possui uma versão chamada de *watchdog timer*. Para LAMBERSON (2013), este dispositivo é amplamente utilizado em dispositivos embarcados, além dos processadores. Seu princípio é desempenhar a função de um contador ou um relógio que monitora o sistema. Caso seja detectado alguma falha ou erro do programa, o dispositivo atua restaurando a estabilidade do sistema. Como sua atuação acontece de forma automática, ele responde com muito mais eficiência, em comparação à atuação humana diante de um problema, tornando uma excelente ferramenta ao combate de falhas transitórias.

Por fim, o armazenamento dos dados também possui recursos tolerantes a falhas a nível de hardware. O RAID (*Redundant Array of Independent Disks* - Conjunto Redundante de Discos Independentes) pode ser implementado por hardware através do um controlador especializado. Esse controlador faz o gerenciamento e a ponte entre os conjuntos de discos do sistema e o RAID (SOMASUNDARAM *et al.*, 2011).

As técnicas disponibilizadas pelo modelo RAID descritas por Somasundaram *et al.* (2011) são:

- **Striping:** Essa configuração possui a função específica de melhorar o desempenho de gravação e leitura das informações, uma vez que os dados armazenados são divididos em pequenos pedaços que são espalhados pelos discos.

CAPÍTULO 11

- **Espelhamento:** Essa técnica possui um *layout* que armazena as informações em dois discos diferentes em forma simultânea. Cada disco é totalmente espelhado em outro disco, possuindo exatamente os mesmos dados. Se um dos discos falharem, a informação não é perdida, pois o outro disco assume de forma independente enquanto o disco defeituoso não é substituído.
- **Paridade:** É um método que apresenta uma dinâmica tolerante a falhas, porém, sem o custo do espelhamento total do disco. A paridade funciona através da divisão dos discos em blocos e organizados em linhas. Nesse modelo, o conjunto de discos possui um disco dedicado a realizar a paridade dos demais. Em caso de falha, é possível obter o valor perdido através da subtração do valor da paridade pela soma dos outros elementos daquela linha de blocos.

Essas técnicas possuem finalidades diferentes e devem ser aplicadas com o objetivo de se obter desempenho, tolerância a falha ou ambos. Neste aspecto, Somasundaram *et al.* (2011) destaca ainda os diversos níveis de RAID, sendo eles: RAID 0, RAID 1, RAID 3, aninhado, entre outros.

O RAID 0 utiliza a técnica *striping* com o objetivo de melhorar o desempenho, porém, não é tolerante a falhas. O RAID 1 realiza o espelhamento dos discos, permitindo a recuperação dos dados em uma operação contínua. O RAID 3 fraciona as informações entre os discos, melhorando o desempenho, e possui um disco dedicado a paridade para recuperação de dados em caso de falha. O nível aninhado é a combinação de dois níveis, como, por exemplo, o RAID 1 e RAID 0, tornando o RAID tolerante a falhas e com aumento no desempenho.

Em resumo, o Quadro 2 demonstra uma análise comparativa entre os hardwares tolerantes a falhas, através de uma matriz SWOT. Esse tipo de comparação destaca alguns pontos fundamentais, auxiliando a compreensão e distinção da técnica ou conjunto de técnicas a ser adotada.

CAPÍTULO 11

Quadro 2 - Análise SWOT dos hardwares tolerantes a falhas

	S Forças	W Fraquezas	O Oportunidades	T Ameaças
Sistemas Paralelo	Proporciona alta confiabilidade e manutenção elementar	Duplicidade total do sistema ou subsistema e custo elevado	Fortemente recomendados para setores que demanda alta disponibilidade	Compatibilidade do software com o hardware
Watchdog e watchdog timer	Implementado no próprio equipamento	Pouca possibilidades de configuração	Compatível com diversas aplicações	Trata apenas os cenários implementados pelo fabricante.
RAID	Possibilita alta confiabilidade	Custos mais elevados para implantação	Compatível e escalável a pequenos e grandes sistema	Popularização dos sistemas de armazenamento em nuvens em tempo real

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Conforme descrito no Quadro 2, nenhuma das técnicas contém apenas pontos positivos, pois cada abordagem também possui suas fraquezas. Neste sentido, é necessário realizar uma junção entre as técnicas para contemplar o sistema como um todo, envolvendo as áreas de alimentação elétrica, placas de comunicação, processamento e armazenamento.

Softwares tolerantes a falhas

Os softwares se correlacionam ao conceito que não possuem componentes materiais, logo, não sofrem desgastes ou envelhecimento de componentes com o passar do tempo, assim como acontece com os hardwares.

Por se tratar de um tema que é totalmente conceitual, qualquer tipo de erro é sempre causado por falha de projeto. As falhas de projetos estão relacionadas aos seguintes aspectos: qualificação dos responsáveis pelo desenvolvimento do sistema; aplicação de métodos de especificação; testes e certificação do sistema. Para se obter a confiabilidade do sistema, é necessário prever tais situações que se relacionam com essas incorreções do projeto e tomar medidas preventivas reduzindo ao máximo a possibilidade de falhas (GUERRA, 2004).

Assim como em hardware, os softwares também apresentam falhas, erros e defeitos. Para Koscianski e Soares (2007), esses conceitos podem ser definidos como:

CAPÍTULO 11

- Quando há uma imperfeição no programa, causado geralmente por uma implementação incorreta, chama-se de defeito. Este faz parte do programa e pode ser recorrente por se tratar um “vício oculto” que o software apresenta. Defeito ainda por ser relacionado a situação onde o programa não funciona como o esperado.
- O erro faz correlação a ocorrência de uma inconsistência que é provocada por partes de um código que estão devidamente implementadas, porém, podem apresentar problemas no resultado de determinadas operações e combinação de alguns valores em específico.
- A falha é a consequência de um defeito. Como os programas podem ser muito extensos e conter diversas estruturas e trechos de códigos, então, é possível que um defeito nunca seja descoberto e, por consequência, o sistema não apresentará falha, apesar dele existir. Falhas também podem ser causadas por fatores externos, como uma inconsistência no banco de dados causado por um outro programa.

Dessa forma, a tolerância a falha para softwares pode ser feita utilizando a redundância. Contudo, apenas replicar um código ou utilizar o paralelismo não contorna o problema, pois em algoritmos idênticos, se tem problemas idênticos.

Lyu (2007) afirma que existem dois grupos de técnicas para alcançar a tolerância a falhas, sendo eles: Softwares de versão única e multi-versões. O primeiro, compreende técnicas de manuseio de exceção, pontos de verificação, modulação do programa, detecção de erros e reinicialização. O segundo, é definido pela elaboração de diversas versões elaboradas por diferentes técnicas até se obter a melhor versão que será integrada ao programa.

Weber (2003) cita duas técnicas do grupo multi-versões que intensificam a confiabilidade do sistema. As técnicas são:

- **Programação em n-versões:** Essa estratégia consiste em elaborar o sistema em diversas versões. As equipes de trabalho elaboram estratégias diferentes para um mesmo cenário. Cada abordagem utiliza uma fonte de pesquisa e uma forma de criar as soluções para cada etapa. Após a conclusão da etapa, as diversas versões são testadas e classificadas para alcançar aquela que obtém melhores resultados.

CAPÍTULO 11

- **Blocos de recuperação:** Este método é semelhante ao anterior, porém, as versões seguintes só são desenvolvidas após a reprovação da primeira. Uma versão primária é desenvolvida e é submetida a um teste de aceitação. Se essa versão não passar no teste, uma segunda versão é desenvolvida e submetida ao teste. Diversas versões são criadas até que umas delas passe no teste de aceitação.

Para o grupo dos softwares tolerantes a falhas de versão única, Dubrova (2013) afirma que esse modelo possui estrutura e ações que identificam falhas e impossibilitam a sua replicação pelo restante do sistema. Esse método é composto por três técnicas, sendo elas:

- **Deteção de falhas:** Essa técnica consiste em submeter o programa a uma série de testes de aceitação. Esses testes compreendem verificações de tempo de execução, codificação, estruturas do sistema e razoabilidade. Essas investidas contra o programa identifica as possíveis falhas do sistema.
- **Contenção de falhas:** As falhas identificadas na técnica anterior são contidas através da alteração da estrutura do sistema, que passa a possuir restrições que determinam as ações que são permitidas. A contenção é feita utilizando outras quatro técnicas: modularização (subdividindo o sistema em módulo), particionamento (cria a dimensão horizontal e vertical), fechamento do sistema (nenhuma ação é permitida, exceto as explicitamente autorizadas) e ações atômicas (interação direta entre componentes).
- **Recuperação de falhas:** Consiste na inserção de pontos de verificação do sistema, onde são realizadas marcações e, em caso de falha nas instruções seguintes, o sistema retorna ao último ponto de verificação antes da ocorrência da falha e retoma o processamento.

Essas técnicas são utilizadas para minimizar a possibilidade de falhas, mas não garante na totalidade a inexistência delas. Diversos motivos podem conduzir o sistema a apresentar um resultado diferente daquele que é esperado. Erros de implementação, utilização inadequada por parte do usuário final, inconsistência no banco de dados causado por outros programas, são exemplos de eventos que podem desencadear uma condição diferente daquela que o sistema foi projetado para tratar. Todavia, utilizando essas técnicas de forma adequada, pode-se construir um sistema confiável e seguro que pode ser considerado tolerante a falhas.

Em síntese, o Quadro 3 demonstra uma análise comparativa entre as técnicas de softwares tolerantes a falhas.

CAPÍTULO 11

Quadro 3 - Análise SWOT das técnicas para softwares tolerantes a falhas.

	S Forças	W Fraquezas	O Oportunidades	T Ameaças
Programa em n-versões	Inúmeras metodologias são aplicadas ao mesmo software	Custo elevado de desenvolvimento e processo complexo de sincronização de versão	Adaptabilidade a qualquer tipo de cenário	Complexidade geral do sistema
Blocos de recuperação	Modelo de desenvolvimento facilita a identificação de falhas	O desenvolvimento dos blocos seguintes dependem da aprovação do anterior	Cada bloco atende a requisitos bem definidos, flexibilizando sua implementação.	Metodologia de desenvolvimento pode gerar atrasos na entrega final do projeto
Versão única	Implementação simples e flexível	Sujeito a falha que não são recuperáveis pelos pontos de recuperação	Compatível e aplicável a qualquer tipo de cenário.	Metodologia singular de desenvolvimento pode ser menos eficiente para contornar falhas

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Por fim, como apresentado no Quadro 3, cada estratégia possui pontos positivos e negativos. Dessa forma, cabe a organização especificar junto ao desenvolvedor ou representante do sistema qual método é mais eficiente para uma aplicação específica, a fim de se obter um software que seja confiável, seguro e tolerante a falhas.

REDES DE COMPUTADORES TOLERANTES A FALHAS

Conceito geral de rede de computadores

Uma rede de computadores é a interconexão de vários equipamentos, como um computador, celular, impressora, entre outros. O aparelho responsável por realizar essa interligação entre eles pode ser definido como dispositivo de conexão, tal como um roteador, *switch* ou outro equivalente.

Quando a conexão acontece, o usuário passa a fazer parte de uma rede chamada LAN (*Local Area Network* – Rede de Área Local), que em geral é uma rede privada e interliga alguns *hosts* em um escritório, por exemplo, ou uma rede WAN (*Wide Area Network* – Rede de Longa Distância), que possui uma extensão geográfica muito maior, podendo abranger até o mundo todo, como a internet (FOROUZAN e MOSHARRAF, 2013).

CAPÍTULO 11

Esse cenário de múltiplas conexões e dimensões globais requer um sistema universal e padronizado que possibilite a comunicação entre os diversos tipos de equipamentos. Nesse contexto, foram criados o protocolo TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol* - Protocolo de Controle de Transmissão/Protocolo de Internet), que padroniza uma forma de conexão entre os diferentes equipamentos, e o modelo OSI (*Open System Interconnection* – Sistema Aberto de Interconexão), que define a arquitetura dos protocolos, entre os anos 1970 e 1980 (MORAIS, 2014).

Por consequência dessa universalidade, esses conceitos estão presentes nas redes atuais e permitem a comunicação entre os mais diversos tipos de equipamentos, o que proporciona uma diversidade de recursos e possibilidades de interação.

Topologia de redes

A topologia da rede está relacionada com a forma com que os dispositivos são organizados. A topologia comumente utilizada é a estrela, que consiste em um equipamento central que interconecta todos os demais dispositivos. Esse tipo de rede permite a inclusão ou remoção de computadores no sistema sem nenhum tipo de interferência aos demais dispositivos (MORAIS, 2010).

Para Moraes (2010), essa topologia é mais tolerante a falhas, pois permite a continuidade da rede através da possibilidade de agregar outros concentradores em um ambiente já existente, permitindo a inserção de novos setores sem a necessidade de paralização do sistema.

Este modelo centralizado permite um gerenciamento mais simplificado, pois todas as estações são conectadas aos concentradores. Outra vantagem dessa abordagem é que o equipamento central dispõe de soluções e recursos para todos os componentes da rede, dispensando configurações individualizadas, o que o torna o padrão eficiente.

CAPÍTULO 11

Balanceamento de cargas

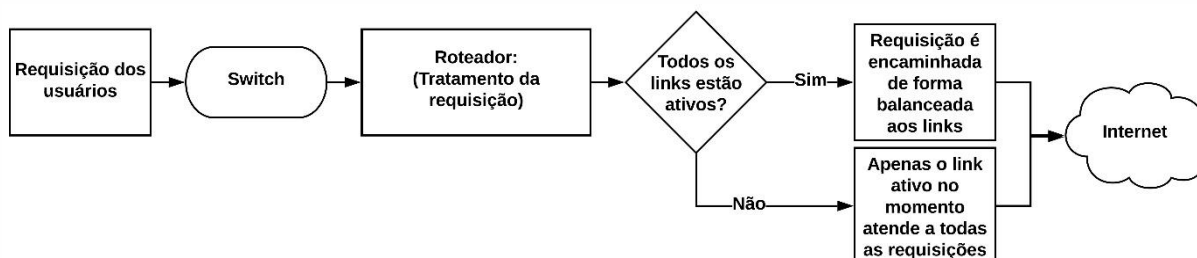
O balanceamento de carga é uma técnica capaz de reencaminhar requisições por caminhos diferentes. Esse recurso ameniza problemas de sobrecarga e interrupção de sistema, pois distribui os pedidos realizados a um servidor por mais de uma rota, de tal forma que os nós e enlaces da rede não fiquem sobrecarregados. Essa abordagem, além de proporcionar uma melhor performance de toda a rede, estabelece um serviço tolerante a falhas (OLIVEIRA; SALLES, 2016).

Desta forma, essa tecnologia permite a agregação de dois ou mais links que podem funcionar de maneira conjunta, aumentando a banda disponível, ou de forma redundantes, onde na falha de um deles o outro assume de forma independente atendendo a todas as requisições (DEJANO; BELLEZI, 2014).

Esse mecanismo pode ser realizado na camada 2 - enlace do modelo OSI, através da comutação dos pacotes que trafegam pela rede. Para os usuários, existe apenas um link virtual ativo e a negociação de pacotes acontece de forma transparente, onde o utilizador não define por qual rota a requisição irá trafegar e nem mesmo consegue perceber a queda de um dos links (FILIPPETTI, 2014).

Em resumo, o fluxograma apresentado na Figura 3 apresenta a trajetória percorrida por uma requisição através desse sistema redundante que possui dois links.

Figura 3 – Trajetória de uma requisição em um sistema balanceado.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Como observado na Figura 3, esse tipo de sistema demonstra um ambiente de alta disponibilidade e confiabilidade em razão da redundância de links que operaram de forma automatizada e gerenciada por um roteador, condição a qual estabelece uma rede de computadores tolerante a falhas.

CAPÍTULO 11

DISCUSSÃO SOBRE O SISTEMA DE INFORMAÇÃO HOSPITALAR

Os Sistemas de Informação em Saúde (SIS) tem como objetivo processar, armazenar, coletar e disseminar dados que ofereça suporte ao processo decisório em saúde (CAVALCANTE *et al.*, 2011). Isso proporciona o aperfeiçoamento das práticas desenvolvidas, além de axilar o processo de gestão (MARIN, 2010).

Os SIS devem fornecer informações relevantes, potencializar a comunicação e promover a segurança necessária no ambiente organizacional. Estas características podem auxiliar os profissionais de saúde no planejamento, bem como na tomada de decisões relacionadas à gerência e a assistência aos pacientes (MARIN, 2010). Por meio dos softwares ocorre a disponibilização das informações através de relatórios, tabelas e gráficos. Alguns softwares são capazes de oferecer conexão entre dados, o que proporciona agilidade no processo de análise e como consequência no processo decisório (CAVALCANTE *et al.*, 2012).

No ambiente hospitalar, o meio utilizado para trocas de informação na gestão é o Sistema de Informação Hospitalar (SIH), que tem como finalidade possibilitar a comunicação dos indivíduos dentro da organização, além de oferecer contribuições para tomada de decisão. Visto que o hospital é um ambiente complexo, grande produtor de dados e informações, o SIH objetiva contemplar a necessidade de veracidade, agilidade dos dados, além de otimizar o fluxo da informação, a eficiência e a integração dos processos e consequentemente, por meio do planejamento, aprimorar a qualidade da assistência em saúde (MARIN, 2010).

O SIH deve se estabelecer como um sistema especializado e independente, capaz de integrar as informações pertinentes sobre a assistência prestada ao paciente, assim como facilitar o desempenho das atividades planejadas e o alcance das metas pretendidas. Em suma, os SIH são utilizados para dar suporte ao planejamento das ações em saúde, buscando a eficiência e a melhoria da qualidade da assistência ao paciente (GUTIERREZ, 2011).

Desta forma, a utilização de SIS é o recurso para a gestão estratégica em saúde. É o suporte para a organização administrativa e técnicas, a coleta de dados, o armazenamento, o processamento das informações dos pacientes, o auxílio ao

CAPÍTULO 11

diagnóstico, a prescrição dos medicamentos e cuidados adequados a cada situação em que o paciente estiver envolvido (CAVALCANTE *et al.*, 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de alta disponibilidade gerado por um sistema tolerantes a falha é essencial em ambientes hospitalares, em virtude que uma falha de um equipamento ou software pode influenciar diretamente na vida de um paciente. É necessário garantir a integridade das informações armazenadas, eficácia e impactos de sua aplicação. Uma das possibilidades para isso é utilizando as redundâncias de rede, hardware e software apresentadas neste artigo. Entretanto, quando se analisa a realidade percebe-se que a área de infraestrutura dos equipamentos de tecnologia da informação ainda carece incentivo e regulamentação.

Em síntese, a utilização de sistemas tolerantes a falha, além de tratar os riscos provenientes do modelo tradicional, esses novos sistemas devem garantir a segurança de uma nova infraestrutura, que apesar da necessidade de investimentos tais valores são mínimos quando comparados com o grau de importância das informações armazenadas e processadas em um ambiente hospitalar. Dessa forma, alinhando os recursos computacionais a segurança dos ambientes onde são aplicados é possível visualizar uma grande oportunidade de sinergia entre as áreas da saúde e tecnologia, além de fomentar a uma infraestrutura tecnológica segura aplicada a saúde.

REFERÊNCIAS

- CAVALCANTE, R. B.; SILVA, P. C.; FERREIRA, M. N. **Sistema de informação em saúde: possibilidades e desafios**. Rev Enferm UFSM. 2011;1(2):290-9.
- CAVALCANTE, R. B.; CUNHA, S. G. S.; BERNARDES, M. F. V. G.; GONTIJO, T. L.; GUIMARÃES, E. A. A.; OLIVEIRA, V. C. **Sistema de Informação Hospitalar: utilização no processo decisório**. J. Health Inform. 2012 Julho-Setembro; 4(3): 73-9
- COSTA, Hebert Luiz Amaral et al. **Alta disponibilidade e balanceamento de carga para a melhoria de sistemas computacionais críticos usando software livre**: um estudo de

CAPÍTULO 11

caso. 2009. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/2594>>. Acesso em 11 mar. 2020.

DEJANO, Fernando Rezende; BELLEZI, Marcos Augusto. Alta disponibilidade: Balanceamento de carga e tolerância à falhas utilizando roteamento, firewall e qos avançado na plataforma linux. **Tecnologia, Infraestrutura e Software**, São Carlos, v3, n. 1 p.45-57, jan./abr. 2014.

DELL, **Servidor em torre PowerEdge T340**. 2020. Disponível em: <<https://www.dell.com/pt-br/work/shop/productdetailstxn/poweredge-t340>>. Acesso em 04 mai. 2020.

DUBROVA, Elena. **Fault-tolerant design**. New York: Springer, 2013.

ESG. Enterprise Strategy Group. **Usando dados para identificar como atuam as organizações de TI transformadas e como elas estão promovendo a vantagem digital**. 2018. Disponível em: <<https://www.delltechnologies.com/pt-br/whitepaper/esg-it-transformation-maturity-report-agility-innovation-business-value.htm>>. Acesso em 10 mar. 2020.

FERREIRA, Filipa; SANTOS, Nélia; ANTUNES, Mário. **Clusters de alta disponibilidade—abordagem OpenSource**. Departamento de Engenharia Informática – ESTG, Leiria - Portugal, 2005.

FILIPPETTI, Marco Aurélio. **CCNA 5.0 – guia completo de estudo**. Florianópolis: Visual Books, 2014.

FOROUZAN, Behrouz A., MOSHARRAF, Firouz. **Redes de Computadores: Uma Abordagem Top-Down**. Porto Alegre: AMGH, 2013.

GUERRA, Paulo Asterio de Castro. **Uma abordagem arquitetural para tolerância a falhas em sistemas de software baseados em componentes**. Tese (Doutorado em Ciências da Computação) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Campinas, SP. 2004. 177p.

GUTIERREZ, M. A. **Sistemas de informação hospitalares: progressos e avanços**. J. Health Inform. 2011;3(2):I-II.

KOREN, Israel; KRISHNA, C. Mani. **Fault-tolerant systems**. Elsevier, 2010.

KOSCIANSKI, André; SOARES, Michel dos Santos. **Qualidade de Software: Aprenda as metodologias e técnicas mais modernas para o desenvolvimento de software**. 2.ed. São Paulo: Novatec Editora, 2007.

LAMBERSON, Jim. **Single and Multistage Watchdog Timers**. Sensoray. Retrieved, v. 10, 2013.. Disponível em: <https://sensoray.com/downloads/appnote_826_watchdog_1.0.0.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2020.

LYU, Michael R. **Software reliability engineering: A roadmap**. In: Future of Software Engineering (FOSE'07). IEEE, 2007. p. 153-170. Disponível em <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4221618>>. Acesso em: 07 mai. 2020.

MAGALHÃES, Ivan Luizio; PINHEIRO, Walfrido Brito. **Gerenciamento de Serviços de TI na Prática: Uma abordagem com base na ITIL**. São Paulo: Novatec Editora, 2008.

CAPÍTULO 11

MARIN, H. F. **Sistemas de informação em saúde: considerações gerais.** J.Health Inform. 2010;2(1):24-8.

MORAIS, Alexandre Fernandes de. **Redes de computadores.** 1. Ed. São Paulo: Érica, 2014.

MORAIS, Alexandre Fernandes de. **Redes de computadores: fundamentos.** 7. Ed. São Paulo: Érica, 2010.

OLIVEIRA, Natália Q. de; SALLES, Ronaldo M. Uso de SDN no Balanceamento de Cargas em Redes com Suporte a Múltiplos Caminhos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES, SBrt2016, 2016, Santarém.

PEREIRA, Samáris Ramiro et al. **Sistemas de Informação para Gestão Hospitalar.** Journal of Health Informatics, v. 4, n. 4, 2012. Disponível em : <<http://www.jhi-sbis.saude.ws/ojs-jhi/index.php/jhi-sbis/article/view/206>>. Acesso em 16 Set. 2020.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas Pesquisa Sebrae. **A Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) nas MPE Brasileiras.** 2015. Disponível em: <[https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/79461b2314b6d80a40a76844ee985bf/\\$File/5981.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/79461b2314b6d80a40a76844ee985bf/$File/5981.pdf)> . Acesso em 09 mar 2020.

SHOOMAN, Martin L. **Reliability of computer systems and networks:** fault tolerance, analysis, and design. John Wiley & Sons, 2003.

SILVA, Jorge Cleber Pereira; AMARAL , Maria Fernanda Brito; NASCIMENTO, Anderson Lopes; FELIX, Iana Celia. **O impacto da Tecnologia da Informação na Gestão de Pequenas Empresas.** Revista Formadores - Vivências e Estudos, Cachoeira - Bahia, v. 12, n. 6, p. 47-60, out. 2019.

SOMASUNDARAM, G. et al. **Armazenamento e Gerenciamento de Informações:** Como armazenar, gerenciar e proteger informações digitais. Porto Alegre: Bookman, 2011.

WEBER, Taisy Silva. **Tolerância a falhas:** conceitos e exemplos. Apostila do Programa de Pós-Graduação–Instituto de Informática-UFRGS. Porto Alegre, p. 24, 2003. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/~taisy/disciplinas/textos/ConceitosDependabilidade.PDF>>. Acesso em 10 mar. 2020.

WEBER, Taisy Silva. **Um roteiro para exploração dos conceitos básicos de tolerância a falhas.** Relatório técnico, Instituto de Informática UFRGS, 2002. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/~taisy/disciplinas/textos/Dependabilidade.pdf>> . Acesso em 10 mar 2020.

XAVIER, L. H.; CARVALHO, T. C. M. B. **Gestão de resíduos eletroeletrônicos:** uma abordagem prática para a sustentabilidade. Rio de Janeiro: Campus, 2014.

CAPÍTULO 12

Controle de qualidade de energia elétrica na indústria

Quality control of electricity in the industry

Jairo Rodrigo Corrêa

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.12



AYA EDITORA

CAPÍTULO 12

Resumo: A qualidade de energia elétrica compreende o papel da concessionária de energia elétrica no que diz respeito à qualidade do produto, do serviço prestado e ainda do tratamento das reclamações provenientes das duas anteriores. No que se refere ao produto, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) caracteriza os fenômenos elétricos e estabelece valores de referência bem como a metodologia para o levantamento destes valores no cliente. Quanto à qualidade do fornecimento de energia elétrica, a ANEEL possui uma metodologia para a apuração dos indicadores de continuidade, com a definição de padrões e responsabilidades. Por fim, quanto à qualidade de tratamento de reclamações, a ANEEL também estabelece uma metodologia de cálculo dos limites do indicador de qualidade comercial. Neste trabalho serão abordados conceitos gerais sobre o impacto da qualidade de energia elétrica (qualidade do produto e qualidade do fornecimento) na produção industrial, com exemplos de alternativas para minimizar estes impactos.

Palavras-chave: qualidade de energia elétrica. produção industrial. custo de interrupção.

Abstract: The quality of electric energy comprises the role of the electric power concessionaire with regard to the quality of the product, the service provided and also the handling of complaints arising from the previous two. With regard to the product, the National Electric Energy Agency (ANEEL) characterizes electrical phenomena and establishes reference values as well as the methodology for collecting these values at the customer. As for the quality of electricity supply, ANEEL has a methodology for calculating continuity indicators, with the definition of standards and responsibilities. Finally, regarding the quality of handling complaints, ANEEL also establishes a methodology for calculating the limits of the commercial quality indicator. In this work, general concepts about the impact of the quality of electricity (product quality and supply quality) on industrial production will be addressed, with examples of alternatives to minimize these impacts.

Keywords: electric power quality. industrial production. interruption cost.

INTRODUÇÃO

No setor industrial é fundamental a atuação sobre os processos no que se refere às “paradas não programadas” na produção. Estas paradas durante a produção trarão como principais problemas:

- a) Aumento na utilização de insumos devido aos constantes reinícios;
- b) Desperdício de energia elétrica (processo perdido);
- c) Redução na vida útil dos equipamentos;
- d) Ociosidade ou retrabalho pelas equipes de produção;

CAPÍTULO 12

- e) Prejuízos na produção que afetam o custo final e consequentemente à competitividade dos produtos ou serviços.

É uma das atribuições da gestão industrial identificar e minimizar as perdas na produção. Assim, deverá focar na melhoria de qualidade na produção analisando as causas das perdas e o impacto destas na qualidade final do produto.

Estas ocorrências como as “paradas não programadas” reduzirão a produtividade, o comprometendo da qualidade de produtos e dos serviços, enfim, prejuízos variados para toda a empresa e comprometimento de indicadores da empresa.

Considera-se, portanto, imprescindível o acompanhamento da qualidade de energia elétrica, tanto no ponto de entrega da concessionária de energia elétrica, quanto nas próprias instalações elétricas internas da planta, com a finalidade de apurar e eliminar (ou minimizar) as causas por conta de surtos ou interrupções de energia elétrica.

A qualidade de energia elétrica compreende o papel da concessionária de energia elétrica no que diz respeito à qualidade do produto, do serviço prestado e ainda do tratamento de reclamações.

Neste ponto cabe ressaltar que uma interrupção na produção industrial pode ter como causa direta uma interrupção no fornecimento de energia elétrica. Uma anomalia na qualidade de energia elétrica pode impactar na qualidade do produto ou serviço produzido pela indústria, daí então, percebe-se uma relação direta entre estes elementos. Com relação à qualidade, a Agência Nacional de Energia Elétrica define: Produto: são caracterizados os fenômenos elétricos, estabelece valores de referência bem como a metodologia para o levantamento destes valores no cliente. Fornecimento de energia elétrica: possui uma metodologia para a apuração dos indicadores de continuidade, com a definição de padrões e responsabilidades.

Tratamento de reclamações: estabelece uma metodologia de cálculo dos limites do indicador de qualidade comercial.

Neste trabalho serão abordados conceitos gerais sobre o custo de interrupção proveniente das não conformidades na qualidade do produto e na qualidade do fornecimento de energia elétrica, e ainda exemplos de formas de minimizar estes impactos.

CAPÍTULO 12

OS CUSTOS DAS PARADAS NO PROCESSO PRODUTIVO

Uma das formas para estimarem-se os custos de uma interrupção na produção industrial um modelo conceitual para apurar os elementos de custos.

Dentre os inúmeros custos relacionados à falha ou interrupção de energia elétrica podemos destacar:

- a) Manutenção: diversos tipos de equipamentos considerados nesta pesquisa estão sujeitos a danos por problemas de interrupção e variação de tensão e, envolve tanto o reparo quanto a substituição (ex: queima de fonte);
- b) Produtos durante o processo: perda de insumos durante o processo de fabricação
- c) (ex: falha em esteira);
- d) Produtos após o processo: perda de produtos prontos (ex: falha no sistema de refrigeração);
- e) Matéria prima: custos relacionados com a perda de matéria-prima estocada (ex: perecíveis).
- f) Vendas não-realizadas: vendas não realizadas devido a não disponibilidade de produtos em estoque.
- g) Perdas de Informações: falha de equipamentos de Tecnologia da Informação com dados relevantes.
- h) Horas-extras: pagamento a força de trabalho horas extras de atuação para compensar a produção que foi perdida.
- i) Reinício da produção: providências necessárias para o reinício das atividades de relacionados à produção industrial. Abrange o preparo dos equipamentos, a remoção dos de resíduos, preparação de ferramentas, aferição de instrumentos dentre outros.
- j) Análise e proteção: gastos com análises, proteção e prováveis melhorias de modo a minimizar as interrupções.
- k) Geração própria: suprir com energia por meio de geradores, baterias, dentre outras maneiras durante uma interrupção no processo. Este custo é

CAPÍTULO 12

subdividido em duas categorias: custo de capital dos equipamentos e custo da utilização dos equipamentos de geração.

Os clientes industriais com o fornecimento de tensão em média ou alta tensão, a legislação não prevê o pagamento de ressarcimento de danos por considerar que as proteções devem ser atuantes. Entretanto os indicadores previstos do PRODIST da ANEEL são vigentes e geram compensações no caso de violações.

Entretanto considera-se que em várias situações as compensações indenizatórias não são suficientes para suprir todos os custos provenientes das quedas ou falhas ocorridas no fornecimento de energia elétrica.

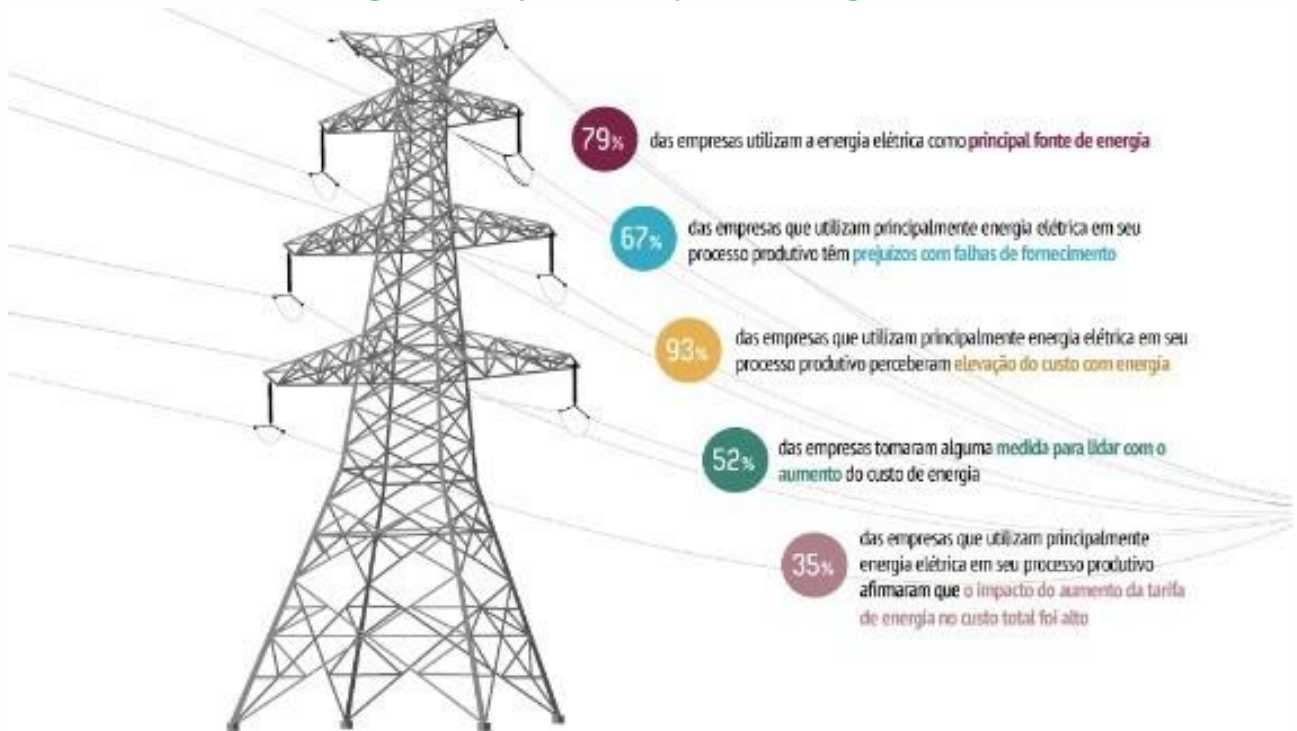
Assim, torna-se fundamental o investimento da própria empresa em meios como: proteção, geração de energia paralela, armazenamento de energia dentre outros, com a finalidade de obter maior controle sobre os custos totais de interrupções durante o processo de produção industrial.

As falhas no fornecimento de energia elétrica têm causado prejuízos para a indústria brasileira. Segundo pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) levantou-se que 67% das empresas que utilizam a eletricidade como principal fonte em seu processo produtivo são impactadas de forma significativa em razão das interrupções no serviço (CNI).

Segundo especialistas da CNI, na indústria, o maior problema da queda de energia aponta para a paralisação da produção, pois de acordo com o tipo de empresa e da linha de produção os prejuízos são consideráveis.

CAPÍTULO 12

Figura 1 – Prejuízos com queda de energia



Fonte: https://s3.amazonaws.com/bucket-gw-cni-static-cms-si/portaldaindustria/noticias/media/imagem_plugin/sondagemenergia_RliuBDV.jpg

A ENERGIA ELÉTRICA

A energia elétrica possui características a distingue de outros produtos. Dentre elas destacam-se:

- Dificuldade de armazenamento tanto no que diz respeito ao aspecto técnico quanto ao econômico;
- Variação sazonal da demanda (a energia elétrica deve ser gerada em tempo real de acordo com a previsão de carga para o correto dimensionamento da geração de energia).
- Complexidade nos tipos de falhas às quais o fornecimento de energia elétrica está sujeito.

Esses atributos fazem com que haja uma simultaneidade do atendimento de produção e consumo. É possível constatar ainda que devido à distância entre as subestações e os consumidores exige um sistema extremamente confiável de distribuição, que depende de instalações e equipamentos específicos.

CAPÍTULO 12

Modos de falhas em sistemas de distribuição de energia podem ser classificados genericamente em elétricos, mecânicos, aleatórios, humanos ou provocadas por agentes naturais.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estipula que as interrupções de fornecimento de energia elétrica acarretam perdas de faturamento para a concessionária de energia elétrica decorrente de processos de ressarcimento de danos causados a consumidores, multas por violação de indicadores e o pagamento de compensações indenizatórias aos clientes.

Para tratar da qualidade do produto, a ANEEL define os seguintes fenômenos em regime permanente ou transitório:

Fenômeno permanente:

- a) Tensão em regime permanente;
- b) Fator de potência;
- c) Harmônicos;
- d) Desequilíbrio de tensão;
- e) Flutuação de tensão;
- f) Variação de frequência.

Fenômeno transitório:

- a) Variações de tensão de curta duração – VTCD;

A partir destes fenômenos da qualidade do produto então ficaram estabelecidos os seus indicadores e valores de referência (limites).

Para efetuar a medição destes fenômenos da qualidade do produto são utilizados instrumentos denominados "qualímetros" com uma metodologia de instalação, especificações, necessidades de aferição, todos pré-estabelecidos.

A tensão em regime permanente está relacionada com a tensão de fornecimento de energia elétrica e tem os limites estabelecidos como adequado, precário ou crítico. Podem ser classificados como individuais ou coletivos, possuem critérios para a medição, o registro dos resultados e os prazos para resposta e

CAPÍTULO 12

compensação ao consumidor, sendo este último para o caso de valores inadequados. A figura 2 ilustra esses limites:

Figura 2 – Níveis de tensão

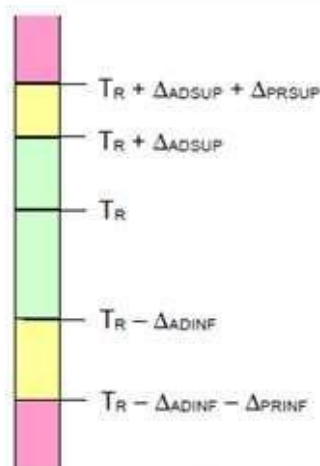


Figura 1– Faixas de Tensão em Relação à de Referência

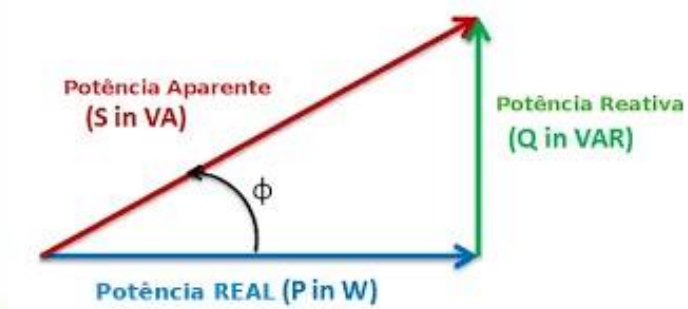
sendo:

- a) Tensão de Referência (T_R);
- b) Faixa Adequada de Tensão ($T_R - \Delta_{ADINF}$, $T_R + \Delta_{ADSUP}$);
- c) Faixas Precárias de Tensão ($T_R + \Delta_{ADSUP}$, $T_R + \Delta_{ADSUP} + \Delta_{PRSUP}$ ou $T_R - \Delta_{ADINF} - \Delta_{PRINF}$, $T_R - \Delta_{ADINF}$);
- d) Faixas Críticas de Tensão ($> T_R + \Delta_{ADSUP} + \Delta_{PRSUP}$ ou $< T_R - \Delta_{ADINF} - \Delta_{PRINF}$).

Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/modulo-8>>

O fator de potência é calculado a partir dos valores registrados das potências ativa e reativa (P , Q) com as energias ativa e reativa, respectivamente (EA , ER). O controle do fator de potência deve ser efetuado por meio de medição permanente e obrigatória no caso de unidades consumidoras atendidas em média e alta tensão. Os valores de referência para uma unidade consumidora ou conexão entre distribuidoras com tensão inferior a 230 kV, o fator de potência no ponto de conexão deve estar compreendido entre 0,92 e 1,00 (indutivo) ou 1,00 e 0,92 (capacitivo).

Figura 3 – Fator de potência



Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/wp-content/uploads/2018/09/triangulopng-1.png>>

CAPÍTULO 12

Os harmônicos também denominados de distorções harmônicas são fenômenos associados a deformações nas formas de onda das tensões ou correntes no que se refere à onda senoidal (frequência fundamental). Os valores de referência são apresentados na tabela 1:

Tabela 1 – Limites das distorções harmônicas.

Tensão Nominal		
$V_n \leq 1,0 \text{ kV}$	$1,0 \text{ kV} < V_n < 69 \text{ kV}$	$69 \text{ kV} \leq V_n < 230 \text{ kV}$
10,0%	8,0%	5,0%
2,5%	2,0%	1,0%
7,5%	6,0%	4,0%
6,5%	5,0%	3,0%

Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/modulo-8>>

O desequilíbrio de tensão caracterizado por qualquer diferença verificada nas amplitudes entre as três tensões de fase de um sistema trifásico. Os valores de referência são apresentados na tabela 2:

Tabela 2 – Limites para os desequilíbrios de tensão.

Tensão Nominal		
Indicador	$V_n \leq 1,0 \text{ kV}$	$1 \text{ kV} < V_n < 230 \text{ kV}$
FD95%	3,0%	2,0%

Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/modulo-8>>

A flutuação de tensão é um fenômeno caracterizado pela variação aleatória, periódica ou não no valor de pico da tensão instantânea. Os valores de referência são apresentados na tabela 3:

Tabela 3 – Limites para flutuação de tensão.

Tensão Nominal		
$V_n \leq 1,0 \text{ kV}$	$1,0 \text{ kV} < V_n < 69 \text{ kV}$	$69 \text{ kV} \leq V_n < 230 \text{ kV}$
1,0 pu	1,5 pu	2,0 pu

Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/modulo-8>>

Com relação à variação de frequência, o sistema de distribuição e as instalações devem, em condições normais de operação e em regime permanente operar dentro dos limites de frequência situados entre 59,9 Hz e 60,1 Hz. De forma geral não pode exceder 66 Hz ou ser inferior a 56,5 Hz em condições extremas.

CAPÍTULO 12

A variação de tensão de curta duração (VTCD) é comumente confundida com a falta de energia e se trata de desvios significativos na amplitude do valor eficaz da tensão durante um intervalo de tempo inferior a três minutos. Os valores de referência são apresentados na tabela 4:

Tabela 4 – Classificação das Variações de Tensão de Curta Duração

Denominação	Duração da Variação	Amplitude da tensão (valor eficaz) em relação à tensão de referência
Interrupção Momentânea de Tensão	Inferior ou igual há três segundos	Inferior a 0,1 p.u
Afundamento Momentâneo de Tensão	Superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual há três segundos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 p.u
Elevação Momentânea de Tensão	Superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual há três segundos	Superior a 1,1 p.u
Interrupção Temporária de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Inferior a 0,1 p.u
Afundamento Temporário de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 p.u
Elevação Temporária de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Superior a 1,1 p.u

Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/modulo-8>>

PRINCIPAIS ANOMALIAS E MANEIRAS DE MINIMIZAR

De acordo com o capítulo anterior verificou-se como as anomalias no sistema elétrico, sejam nas instalações da concessionária de energia elétrica ou nas instalações da empresa que é atendida, têm a capacidade de causar grandes prejuízos à produção industrial.

CAPÍTULO 12

Na prática muitas vezes tratam-se de problemas complexos e de difícil resolução, mas neste capítulo procurou-se enumerar as principais causas e possíveis formas de solucionar, ou ainda minimizar os impactos nos processos.

Tensão em regime permanente: quando apurados valores adequados pela concessionária, sem subtensão ou sobretensão, nas instalações deve-se utilizar também qualímetros nas instalações elétricas internas a empresa. Se os valores apurados apontarem para subtensão ou sobretensão pode-se verificar os ajustes de tensão nos transformadores particulares a fim de adequar à tensão fornecida. Também é possível que exista queda de tensão nos circuitos de força desde o ponto de entrega até os centros de carga, o que deverá ser verificado. Por fim, também é importante verificar as conexões, especialmente do condutor neutro, pois no caso de falha elevará os valores de tensão.

Fator de potência: Quando o fator de potência está fora dos valores de referência o cliente industrial provavelmente já haverá percebido por meio de multas em sua fatura. A correção é feita com bancos de capacitores que devem ter os valores e horários ajustados para entrarem com a carga, pois do contrário também ocasionará multas.

Harmônicos: Normalmente este tipo de distorção causada por distorções no formato de onda é percebido mais facilmente por equipamentos sensíveis, como por exemplo, computadores, controladores, etc. A utilização de *nobreak* deve minimizar os efeitos.

Desequilíbrio de tensão: Deve iniciar a investigação de forma semelhante às sugestões da “tensão em regime permanente” para verificar se o desequilíbrio de tensão já vem da concessionária ou ocorre somente na planta. Caso seja deve-se verificar se as três fases do transformador de força estão igualmente ajustadas. Embora normalmente a carga industrial seja basicamente trifásica, deve-se verificar se os circuitos de corrente estão balanceados, realizar quando possível transposição de fases e verificar todas as conexões também.

Flutuação de tensão: Um dos sintomas de flutuação de tensão é conhecido como “*flicker*” e trata-se de um cintilamento percebido por variação no fluxo luminoso das lâmpadas. Normalmente são causados por fornos de arco ou equipamentos

CAPÍTULO 12

superdimensionados para as redes nas quais estão instalados. Uma solução pode ser refazer o projeto elétrico prevendo tais cargas.

Variação de frequência: Uma das causas mais comuns é a operação irregular de geradores paralelos causando variação na frequência da rede. Deve-se verificar a existência de geradores e os respectivos ajustes. Para equipamentos mais sensíveis como microcomputadores e controladores o ideal é utilizar *nobreak* como no caso dos harmônicos.

Variações de tensão de curta duração (VTCD): Foram incluídas recentemente no PRODIST da ANEEL e são eventos de curta duração, podendo chegar a valores de tensão nulos ou próximos de nulo. Novamente é necessário previamente contato com a concessionária para classificar se os eventos em sua maioria são externos ou internos a indústria. Quando externos, normalmente estão associados a galhos tocando nas redes elétricas encostando casualmente, ajustes de religadores automáticos ou ainda indústrias próximas com cargas e ajustes de proteção desajustados. A utilização de *nobreaks* em equipamentos mais sensíveis também pode minimizar as paradas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na produção industrial deve-se sempre considerar a concorrência imposta pelo mercado. Assim, a gestão deve buscar aperfeiçoar o processo produtivo, reduzindo o tempo atividade dos funcionários, dos equipamentos, evitarem os desperdícios de matéria-prima.

Aumentando a maior eficiência deverá ocorrer uma redução dos custos da produção. Evitando as interrupções na produção, o que ocasionará em máquinas e funcionários ociosos e produção em menor volume do que foi planejado.

Este artigo buscou apresentar a importância do controle da produção industrial para que a empresa tenha um menor tempo de paradas, tanto dos funcionários quanto dos equipamentos visando maximizar o volume de produção para manter a competitividade no mercado.

CAPÍTULO 12

Torna-se fundamental o investimento da própria empresa em meios como: proteção, geração de energia paralela, armazenamento de energia dentre outros, com a finalidade de obter maior controle sobre os custos totais de interrupções durante o processo de produção industrial.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA CNI DE NOTÍCIAS. Dois terços das indústrias têm prejuízos com falhas no fornecimento de energia elétrica, diz pesquisa da CNI. Disponível em: <<https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/infraestrutura/dois-tercos-das-industriastem-prejuizos-com-falhas-no-fornecimento-de-energia-eletrica-diz-pesquisa-da-cni/>> Acesso em: 30 JUN. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL: "**Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Nacional**" - PRODIST, Módulo 8 - Qualidade da Energia Elétrica".

BOWERSOX, D. J., & CLOSS, D. J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas. 2001.

BROWN, S., Lamming, R., Bessant, J., & Jones, P. Administração da produção e operações: um enfoque estratégico na manufatura e nos serviços. Rio de Janeiro: Campus. 2005

MARTINHO, Edson. **Distúrbios da Energia Elétrica**. São Paulo: Ed.ÉRICA, 2009.

TOZZI, M.; OTA, J. **Determinação do Custo de Interrupção de Energia Elétrica de Clientes Industriais AT/MT**. Anais do II CITENEL, 2003.

TECNOGERA. **Falta de energia: impactos na indústria e como evitá-los**. Disponível em: < <https://www.tecnogera.com.br/blog/falta-de-energia-impactos-na-industria-e-comoevita-los>> Acesso em: 30 JUN. 2020.

CAPÍTULO 13

Modelagem de cointegração em ativos financeiros

Cointegration modeling in financial assets

Osmar Domingues

Guilherme Lamounier Maschietto Almeida

Universidade Federal do ABC (UFABC)

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.13



AYA EDITORA

CAPÍTULO 13

Resumo: Este trabalho apresenta a metodologia de cointegração como alternativa para a modelagem quantitativa de relações de longo prazo em ativos financeiros. A partir de procedimentos estatísticos, foram explorados testes para identificação de ativos cointegrados no mercado de ações brasileiro, representado pelo Índice Ibovespa. Através dos parâmetros identificados, os preços dos ativos foram monitorados para a avaliação de distorções que proporcionaram oportunidades de aplicação de arbitragem estatística, o que se mostrou uma forma de teste da hipótese da eficiência de mercado. Os resultados indicaram a presença de ativos cointegrados no mercado analisado, e mostraram que a metodologia pode ser utilizada para a neutralização de riscos implícitos nos retornos destes ativos

Palavras-chaves: cointegração. arbitragem estatística. eficiência de mercado. hedge. mercado de ações.

Abstract: The present work presents the cointegration methodology as an alternative for the quantitative modeling of long-time relations between financial assets. From statistical procedures, tests were explored for the identification of cointegrated assets in the Brazilian stock market, represented by the Ibovespa Index. Through the identified parameters, the asset prices were monitored for evaluation of distortions that provided statistical arbitrage opportunities, which can be considered a test of the Efficient Market Hypothesis. The results indicated the presence of cointegrated assets in the analyzed market and suggest that the methodology can be used to neutralize implicit risks in the returns of these assets.

Keywords: Cointegration. Statistical Arbitrage. Market Efficiency. Hedge. Stock Market.

INTRODUÇÃO

Conforme Aiube (2013), diversas abordagens ou métodos quantitativos podem ser empreendidos para representação e avaliação dos preços de ativos financeiros em ambiente de risco. O valor de um ativo é sensibilizado por diferentes fatores de risco, o que é relevante na medida em que é possível contemplar métodos para neutralização dessa exposição à riscos em um portfólio. No entanto, identificar os ativos e o balanceamento ideal das proporções econômicas da composição da carteira que apresente imunização à determinados riscos é um desafio, especialmente quando ocorrem distorções nos mercados, tornando as correlações dos ativos não estáticas ao longo do tempo, nesse sentido, a aplicação da cointegração pode contribuir para identificar e quantificar as relações de longo prazo entre ativos (BURGESS, 1999). Desta forma, este estudo pretende responder ao seguinte problema de pesquisa: **A cointegração é uma ferramenta adequada para auxiliar**

CAPÍTULO 13

a tomada de decisão em condições de exposição ao risco e para estruturar operações financeiras de arbitragem?

Justificativa

A adoção de políticas de hedge no ambiente corporativo reflete em ganho de valor para os Stakeholders, conforme Campello *et al.* (2010), na medida em que é utilizada como política de gerenciamento e mitigação de riscos na atividade corporativa.

A abordagem convencional para as aplicações de hedge envolve a identificação explícita dos fatores de risco, e de suas sensibilidades ao portfólio ou ativo a ser neutralizado, para que possam ser estruturadas operações com outros ativos que sejam compatíveis e sensíveis aos riscos correspondentes. Esta identificação deve ser proveniente da caracterização e descrição do ativo, tal como o valor de um índice de ações depende do valor ponderado das companhias que o compõe. Quando isso não é possível, a cointegração provê um método alternativo para neutralizar as fontes de risco (BURGESS, 2003), pois permite testar a aderência implícita de instrumentos de hedges aos fatores de risco de maneira agregada, por meio das relações de equilíbrio de longo prazo no comportamento das séries temporais.

Objetivos

O trabalho tem como objetivo: Testar relações de cointegração dos ativos com maior liquidez entre as empresas que compõe o mercado de ações brasileiro; testar aplicações de arbitragens estatísticas estruturadas a partir da metodologia de cointegração; testar a eficácia histórica da metodologia de cointegração para aplicações de *Hedge* de portfólios.

CAPÍTULO 13

REVISÃO TEÓRICA

Os desafios associados à modelagem de séries financeiras passam pela necessidade de extrair informações relevantes de séries com comportamentos dinâmicos e a necessidade de tornar mais robusta a estimação de parâmetros para os processos de tomada de decisão (FABOZZI; FOCARDI; KOLM, 2006).

Cointegração

De acordo com Burgess (2003, p. 42), a utilização da cointegração pode ser vista como uma forma de extensão dos modelos de fatores para aplicações de hedge, onde os fatores subjacentes de risco de um portfólio ou ativo são medidos por meio dos seus efeitos diretos nos preços dos ativos.

Segundo Molero e Mello (2018), quando há cointegração, existe um tipo de relação de equilíbrio de longo prazo (*long-run*) que une as variáveis observadas. Neste sentido, conforme Enders (2004, p. 328), a trajetória das variáveis cointegradas é influenciada por quaisquer desvios extensos do equilíbrio de longo prazo. Este processo de retorno ao equilíbrio de longo prazo pode ser descrito como correção de erro de Engle, definido como processo Ornstein-Uhlenbeck de reversão à média, que pode ser demonstrado a partir de um modelo autorregressivo de ordem 1 AR(1) (MOLERO; MELLO, 2018, p. 174).

No caso de variáveis cointegradas, o componente estocástico é estacionário, representando assim uma relação de longo prazo. Conforme demonstrado por Parreiras (2007), uma série temporal pode ser dita covariância-estacionária, estacionária de segunda ordem ou estacionária de forma fraca se a esperança, a variância e autocovariância são as mesmas a cada instante. Por sua vez, conforme descreve Bueno (2011, p. 19), uma forma mais forte de estacionariedade, dita “estritamente estacionária”, implica que não só as autocovariâncias como toda a distribuição conjunta não se alterará por translação temporal.

Segundo Parreiras (2007), as séries financeiras dos preços dos ativos usualmente não são estacionárias, na medida em que apresentam tendência.

CAPÍTULO 13

Todavia, é possível dizer que as séries dos preços são usualmente integradas de ordem 1 (denominados $I(1)$). Conforme Bueno (2011), uma série temporal é integrada de ordem n , denotada $I(n)$, se sua componente estocástica for não estacionária, mas se tornar estacionária após ser diferenciada pelo menos n vezes.

Um processo estacionário não deve se distanciar demasiadamente da média, considerando sua variância finita, e que a velocidade da reversão à sua média é determinada pela autocovariância, em módulo e, quanto menor for a autocovariância mais rápida será a convergência e vice-versa. Nessa situação empregam-se os chamados testes de raiz unitária (PARREIRAS, 2007).

Um mecanismo presente nas séries cointegradas é a chamada “causalidade de Granger”, um conceito que diz respeito a como mudanças em uma série podem preceder mudanças em outra série com quem há relação de cointegração, configurando leads e lags entre as séries. A partir dos desequilíbrios da relação de longo prazo dos resíduos entre as séries cointegradas, é constituído um mecanismo de feedback entre as séries em um tipo de modelo chamado de modelo de correção de erros (ECM) (PARREIRAS, 2007).

Para verificar a relação de cointegração e equilíbrios de longo prazo entre variáveis, foram encontradas duas metodologias na literatura: a metodologia de Engle e Granger (1987) e a metodologia de Johansen (1988). O teste de cointegração de Engle e Granger (1987) é indicado para a análise entre duas variáveis, feito sobre uma única equação. A metodologia de Johansen, conforme Parreiras (2007), baseia-se em autovalores de uma matriz estocástica, e consiste em encontrar a combinação linear mais estacionária entre as variáveis testadas, enquanto o teste de Engle e Granger busca a combinação linear que minimiza a variância.

Arbitragem Estatística

Com a aplicação da metodologia de cointegração, combinações de preços construídas de forma apropriada podem ser eficientemente *hedgeadas* contra fatores de risco do mercado. Neste sentido, essas combinações são potencialmente passíveis de arbitragens estatísticas, na medida que representam oportunidades de explorar

CAPÍTULO 13

componentes previsíveis na dinâmica de preços, que por sua vez, se comportarão de maneira estatisticamente independente de mudanças no mercado ou em outras fontes de risco de mercado como um todo (BURGESS, 2003).

Em relação ao potencial econômico da exploração de componentes previsíveis das combinações dos ativos, conforme Caldeira (2013), a estratégia de arbitragem estatística contempla a identificação de relações de equilíbrio entre ativos, explorando distorções dessas condições.

A definição de arbitragem estatística é ampla e pode apresentar características específicas, mas há uma convergência sobre a utilização de modelagem matemática e estatística na identificação de componentes preditivos que possibilitem geração de valor econômico significativo.

De acordo com a hipótese de mercado eficiente (HME) descrita por Fama et al (1970, *apud* CARVALHO *et al.*, 2016), os preços dos ativos financeiros refletem todas as informações disponíveis e a existência de distorções seriam rapidamente corrigidas pelo mercado. Neste sentido, a aplicação de Arbitragem Estatística não resultaria em ganhos econômicos. Em contrapartida, Shiller (2003, *apud* ZORTÉA *et al.*, 2014) explora como, além de uma estrita causalidade entre informações publicadas e o processo de ajuste de preços, os retornos dos ativos podem ter outras relações, como as provenientes do comportamento do investidor exploradas pelo campo da economia comportamental.

METODOLOGIA

Para a elaboração deste trabalho, a metodologia escolhida foi a proposta por Engle e Granger, pois de acordo com Bueno (2011), o coeficiente estimado por mínimos quadrados no teste de Engle e Granger será super-consistente na presença de cointegração, em decorrência das variáveis serem integradas, uma vez que o efeito de não estacionariedade se sobrepõe ao de estacionariedade mesmo com autocorrelação de resíduos.

Conforme descrito por Bueno (2011), o teste de cointegração de Engle e Granger consiste em estimar a relação de longo prazo entre as variáveis através do

CAPÍTULO 13

procedimento dos mínimos quadrados ordinários. Se houver relação de cointegração, os resíduos encontrados nos mínimos quadrados serão estacionários. Assim, o teste de Engle e Granger tem como objetivo fazer o teste de raiz unitária nos resíduos, e a existência de cointegração será confirmada com a rejeição da hipótese nula de raiz unitária nos resíduos.

Segundo a metodologia proposta por Engle e Granger (BUENO, 2011, p.246), o teste de cointegração decorre das seguintes etapas:

1. Executar testes de raiz unitária nas variáveis analisadas, para certificar se as séries são integradas de primeira ordem $I(1)$. Nesta etapa, aplica-se o teste de Dikey Fuller aumentado (ADF) com a hipótese nula de não estacionariedade nas séries temporais a serem usadas;
2. Executar a regressão por mínimos quadrados nas séries, estimando a relação de longo prazo e obtendo os resíduos \hat{u}_t ;
3. Executar o teste de raiz unitária nos resíduos \hat{u}_t estimados nas séries temporais, utilizando o procedimento de Dickey Fuller aumentado (ADF) – teste de raiz unitária. Rejeitando-se a hipótese nula de não estacionariedade nos resíduos, podemos dizer que as séries são cointegradas.

Para testar se a série apresenta estacionariedade, estima-se o modelo de regressão e aplica-se o teste-t sobre ϕ , tendo como hipótese nula $H_0: \phi = 1$. No entanto, de acordo com Kennedy (2003, apud PARREIRAS, 2007) o resultado pode ser viesado em caso de não estacionariedade. Como alternativa, pode-se alterar o teste com a subtração da primeira diferença da equação:

$$\Delta y_t = (\phi - 1)y_{t-1} + \varepsilon_t = \alpha y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Equação 1 - Modelo teste DF - Fonte: Bueno (2011, p. 117)

Portanto, a hipótese nula $H_0: \phi = 1$ se torna equivalente a $H_0: \alpha = 0$. Assim, se faz a regressão de Δy_t em função de y_{t-1} para testar se o coeficiente do termo defasado y_{t-1} é significativamente diferente de zero. No entanto, Dickey e Fuller (1979) constataram que o teste-t seria viesado para este modelo, na medida em que, sob a hipótese nula, a distribuição do teste não é igual à distribuição da estatística t, pois \bar{y}_t não é estacionário. Dessa forma, os valores críticos adequados podem ser

CAPÍTULO 13

encontrados analiticamente e por meio de experimentos de Monte-Carlo (BUENO, 2011), conforme demonstrado por Dickey e Fuller (1979).

O teste de Dickey Fuller aumentado (*ADF*) refina o tratamento do teste *DF*, na medida em que leva em consideração o erro como um processo estacionário qualquer, enquanto o teste original trata o erro como um ruído branco (BUENO, 2011).

Neste caso, considerou-se Δy_t um processo autoregressivo de ordem p , com raiz unitária:

$$y_t = \mu + \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_{p-1} y_{t-p+1} + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t$$

Equação 2 - Modelo teste ADF - Fonte: Bueno (2011, p. 119)

Feita a correção do modelo, mantendo as demais variáveis defasadas, foram efetuados testes de raízes unitárias não só nas séries temporais individuais, como também nos resíduos da regressão linear entre as séries.

Para a metodologia de Engle e Granger foi utilizada a regressão linear simples entre as séries temporais, com os parâmetros definidos pelo Método dos Mínimos Quadrados.

Para o processamento dos testes de cointegração e regressão, foi utilizado o pacote estatístico Gretl - *GNU Regression, Econometrics and Time-series Library*, que é um *software* econométrico livre e multiplataforma, desenvolvido pelo projeto GNU do *Massachusetts Institute of Technology*, sendo publicado pela *Free Software Foundation* (ANDRADE, 2013).

Os dados utilizados foram extraídos da Plataforma Bloomberg, usando o *plugin* de extração de dados para o Microsoft Excel, e correspondem aos preços históricos diários, ajustados à proventos e dividendos (para preservar o valor econômico dos preços dos ativos), das ações que fazem parte da última composição disponível do Índice Ibovespa, quando foram selecionadas as 55 companhias do índice com listagem pública na bolsa de valores a partir do ano de 2011.

Com relação à janela temporal, deste trabalho, os dados foram segmentados em três diferentes períodos para estimação de parâmetros e para comparar a condição de cointegração nas janelas diárias observadas:

- a) A janela mais longa, de sete anos, entre janeiro de 2012 e dezembro de 2018 (1.757 dias de negócios observados);

CAPÍTULO 13

- b) A janela intermediária, de quatro anos, entre janeiro de 2015 e dezembro de 2018 (1.000 dias de negócios observados);
- c) A janela curta, de 2 anos, entre janeiro de 2017 e dezembro de 2018 (499 dias de negócios observados).

Para estruturação da operação de arbitragem estatística, foram utilizados os pares identificados como cointegrados na janela de curto prazo. No caso de pares diferentes cointegrados com os mesmos ativos, isto é, ativos cointegrados na ponta dependente e independente da regressão por mínimos quadrados, foram utilizados os parâmetros de calibração encontrados que produziram menor *p-valor*, ou seja, maior confiança estatística na relação de cointegração entre as variáveis. Valendo-se dos parâmetros encontrados nos mínimos quadrados ordinários, foram monitorados ao longo do primeiro semestre de 2019 os resíduos das combinações lineares entre os preços dos pares, denominados por *spread*, em alusão à diferença entre o preço estimado e o preço observado, que foi por sua vez considerado um ativo sintético, objeto da operação de arbitragem:

$$Spread = (Y_i - \hat{Y}) = [Y_i - (bX_i + \alpha)]$$

Equação 3 – *Spread* - Fonte: Adaptado de Caldeira (2013, p. 533)

Onde: *Spread* = Ativo sintético; Y_i = Preço observado de um ativo; X_i = Preço observado de um ativo cointegrado; \hat{Y} = Preço estimado do ativo; b = Estimador β ou coeficiente angular obtido por mínimos quadrados; α = Estimador α ou intercepto obtido por mínimos quadrados.

Para avaliar o grau das distorções nas relações de equilíbrio de longo prazo entre os *spreads* de diferentes pares, foi feita a normalização dos resíduos com a aplicação de *Z-Scores* (escores padronizados), conforme sugerido por Burgess (1999), Do, Faff e Hamza (2006), Avellaneda e Lee (2008), Gonçalves (2011), entre outros.

Se o *spread* estivesse distante de sua média histórica, pode-se entender que há uma distorção da relação de equilíbrio entre os ativos: um estará sobrevalorizado e outro subvalorizado. A operação de arbitragem estatística consistirá em comprar o ativo subvalorizado e efetuar uma venda do ativo sobrevalorizado.

CAPÍTULO 13

No mercado de derivativos financeiros não há necessidade de posse de um ativo para que seja feita uma posição vendida (MOLERO; MELLO, 2018), entretanto, no mercado de ações há a necessidade de contratar o chamado aluguel de ações, que envolve custos para o contratante.

Foram excluídos da análise os custos de negociação para implementação da estratégia, sendo avaliada a assertividade cumulativa da estratégia de arbitragem ao longo do tempo e o resultado econômico bruto do período. Para os preços de negociação, foram utilizados o preço do leilão de fechamento do pregão diário.

Para o processamento do modelo de arbitragem estatística, foi utilizado o *software* Rstudio, com licença livre para a linguagem R, também publicado pela *Free Software Foundation*, atualizado nos testes de cointegração.

Para o modelo de arbitragem estatística, foram monitorados os *spreads* normalizados ao longo do primeiro semestre de 2019. Quando observado um distanciamento significativo do *spread* em relação à sua média histórica (*Z-Score* de entrada), foi iniciada uma operação econômica que se beneficia da convergência entre os preços dos ativos. A convergência do *spread* para níveis mais próximos da sua média histórica encerrou a arbitragem com um resultado econômico positivo, enquanto a operação onde o *spread* se distanciou apresentou resultado econômico negativo.

Os critérios de entrada e saída das operações de *Hedges* foram definidos como uma distância do *spread* em relação à média medida em termos de desvios-padrão, isto é, o *Z-Score*. A partir da programação do modelo, foram analisadas as sensibilidades dos *Z-Scores* para início e liquidação das operações no modelo agregado com todos os *spreads*, para verificar as melhores relações de retornos ajustados ao risco.

Para a abertura de uma alocação no *spread*, em caso da identificação de uma oportunidade, o balanceamento entre a quantidade de ações compradas e vendidas foi feito pelo parâmetro *beta* da regressão entre os ativos, com o objetivo de produzir uma posição no portfólio equivalente ao ativo sintético. A operação não foi totalmente neutra, mas refletiu a relação dos parâmetros encontrados na regressão.

Para composição do portfólio de ativos sintéticos, foram simuladas aplicações com tamanhos equivalentes em cada *spread*, e então o desempenho relativo da

CAPÍTULO 13

carteira foi avaliado de modo agregado. Para avaliação dos retornos ajustados ao risco, foi feita a análise a partir do Índice proposto por Sharpe (1970), que avaliou quanto foi agregado de retorno pelo portfólio em relação ao risco decorrido.

Para verificar a eficácia da metodologia na escolha de *Hedges*, para neutralizar a sensibilidade dos retornos dos portfólios frente à média do mercado, foi analisado o coeficiente de correlação de Pearson, que é uma medida de associação que independe das unidades de medidas das variáveis (MARTINS; DOMINGUES, 2019).

ANÁLISE

De acordo com a metodologia, o teste *ADF* foi efetuado para cada uma das ações selecionadas, em cada uma das janelas observadas. Após a identificação de quais ativos podem ser considerados integrados em primeira ordem $I(1)$, foram feitas as regressões por mínimos quadrados em todos os pares possíveis, e então feito o teste *ADF* nos resíduos obtidos. Entre os ativos integrados em primeira ordem, cada um foi testado como variável dependente e independente para a estimação da relação de longo prazo.

Tabela 1: Testes de Cointegração

Amplitude da Janela temporal	Nível de Significância	Teste ADF	Nº. Ações	Séries com Preços Integrados de 1ª ordem	Nº. de pares remanescentes de não estacionariedade
Longo Prazo (jan/12 a dez/18)	5%	Rejeição de H_0	55	47	2.070 pares analisados e 55 pares cointegrados rejeitados
Intermediária Jan/15 a dez/18	5%	Rejeição de H_0	55	52	2.652 pares analisados e 87 pares cointegrados rejeitados
Curta Jan/17 a dez/18	5%	Rejeição de H_0	55	51	2.550 pares analisados e 69 pares cointegrados rejeitados

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa.

Considerando todas as janelas observadas, foram identificados ao todo 175 pares cointegrados, dos quais 145 apresentaram cointegração em apenas uma das janelas, 24 apresentaram cointegração em duas janelas e 6 apresentaram

CAPÍTULO 13

cointegração em todas as janelas analisadas. Dessa forma, foi possível observar que há significativa sensibilidade estatística em função do período analisado.

Notou-se boa aderência dos estimadores baseados em ativos cointegrados às variáveis observadas; os ativos apresentaram relações de equilíbrio de longo prazo, de modo que os deslocamentos entre os preços estimados e observados, nos ativos cointegrados, convergiram ao longo do tempo.

Para a aplicação de arbitragem estatística, foram elegíveis 45 pares de ativos diferentes cointegrados na janela de curto prazo. A composição do portfólio foi igualitária entre os 45 pares (aproximadamente 2,22% do patrimônio da carteira para cada *Spread*). A janela dos testes de cointegração de curto prazo foi utilizada como período de formação dos parâmetros beta, para balanceamento das posições ao longo do primeiro semestre de 2019, assim como mensuradas as variâncias médias dos descolamentos de preços, para normalização dos *spreads* ao longo do semestre.

Foram simulados os impactos de diferentes parâmetros de entrada e saída das operações (*Z-Scores*). O *Z-Score* de entrada identifica uma distorção de preços em relação ao equilíbrio de longo prazo e a qualifica para início da arbitragem, enquanto o *Z-Score* de saída identifica o término e qualifica a convergência da distorção para a relação de longo prazo. Foi usado um único parâmetro de entrada e um de saída como referência para abertura e fechamento de alocações em todos os *spreads*. Os resultados brutos da estratégia, agregados dos 45 pares, apresentaram geração de valor econômico com o emprego da metodologia.

Parâmetros mais agressivos de expectativa sobre a convergência do *spread* (*Z-Scores* de saída menores) demonstraram ser um fator para elevação de volatilidade que não foi acompanhada por melhores retornos. Conforme avaliado através do Índice Sharpe, utilizando o CDI do período como taxa livre de risco, o aumento de volatilidade proporcionado por parâmetros mais agressivos não se traduziu em aumento de retorno ajustado ao risco.

A estratégia de arbitragem estatística apresentada foi aplicada ao mercado de ações brasileiro, para ações que compõem o índice Ibovespa. Foi registrada baixa correlação de Pearson entre os retornos da aplicação de arbitragem e os retornos do índice Ibovespa. Na medida em que a estrutura da aplicação de arbitragem propõe uma neutralização de riscos implícitos compartilhados entre diferentes ativos, por

CAPÍTULO 13

meio de posições compradas e vendidas simultaneamente, essa baixa correlação parece indicar que os investimentos propostos permaneceram com *hedges* apropriados ao longo da aplicação.

Os Coeficientes de Correlação de Pearson observados nos portfólios simulados ficaram entre 0,15 e 0,36, indicando baixa correlação entre os resultados obtidos pela metodologia de arbitragem estatística e o resultado observado no mercado de ações no período, representado por uma carteira de mercado teórica que contempla as ações usadas na aplicação de arbitragem.

Figura 1 – Índice Sharpe do portfólio simulado, conforme a variação de parâmetros

		Z-Score Entrada											
Z		0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
Z-Score Saída	0,25	1,83	1,64	1,85	1,67	1,12	1,07	0,58	0,24	0,18	0,25	0,31	0,41
	0,50		1,79	1,88	1,90	1,27	1,05	0,60	0,23	0,15	0,22	0,29	0,41
	0,75			2,25	2,23	1,39	1,05	0,81	0,41	0,40	0,30	0,36	0,49
	1,00				2,15	1,92	1,15	1,00	0,61	0,53	0,30	0,38	0,44
	1,25					1,85	1,31	1,02	0,62	0,57	0,37	0,50	0,36
	1,50						1,08	0,96	0,72	0,71	0,51	0,78	0,67
	1,75							0,92	0,70	0,66	0,50	0,81	0,75
	2,00								1,25	0,93	0,59	0,72	0,76
	2,25									1,36	1,13	1,37	1,20
	2,50										1,73	1,86	2,03
	2,75											1,89	2,23
	3,00												2,19

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa

Figura 2 – Correlação entre o portfólio simulado e o Ibovespa, conforme a variação de parâmetros

		Z-Score Entrada											
		0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
Z-Score Saída	0,25	0,17	0,17	0,20	0,17	0,19	0,19	0,24	0,27	0,24	0,28	0,25	0,31
	0,50		0,18	0,19	0,15	0,17	0,18	0,22	0,25	0,24	0,28	0,25	0,32
	0,75			0,17	0,15	0,19	0,20	0,25	0,25	0,25	0,28	0,25	0,32
	1,00				0,16	0,17	0,22	0,24	0,24	0,24	0,29	0,27	0,32
	1,25					0,22	0,25	0,26	0,27	0,27	0,31	0,29	0,33
	1,50						0,28	0,29	0,29	0,29	0,32	0,32	0,36
	1,75							0,30	0,30	0,30	0,33	0,32	0,36
	2,00								0,31	0,33	0,33	0,30	0,34
	2,25									0,32	0,31	0,31	0,31
	2,50										0,35	0,34	0,32
2,75											0,35	0,28	
3,00												0,30	

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados da pesquisa

CAPÍTULO 13

CONCLUSÕES

Para responder ao problema de pesquisa, foram propostos três objetivos a partir da metodologia de cointegração. Com relação ao primeiro objetivo, os resultados encontrados demonstraram que há presença de ativos cointegrados no mercado de ações brasileiro no período analisado. Observou-se sensibilidade dos parâmetros em relação ao período analisado, à permanência e à estabilidade da relação de cointegração mesmo em janelas temporais diferentes em certos casos.

Em relação ao segundo objetivo, foram obtidos portfólios que geraram valor econômico agregado e curvas de acumulação de capital positivas ao longo do tempo. Neste sentido, por identificar distorções nos preços dos ativos e capturar geração de valor econômico sobre estas disfunções ao longo do tempo, os resultados da metodologia de arbitragem estatística rejeitaram a hipótese de mercados eficientes, no período analisado. No entanto, nem todos os *Spreads* convergiram durante o primeiro semestre de 2019. Ainda assim, a topologia de resultados obtidos através da variação de parâmetros parece indicar conceitualmente a validação da aplicação.

Para o terceiro objetivo, foram mapeadas as relações de longo prazo, por intermédio dos testes de cointegração e dos resultados das arbitragens estatísticas. Os pares de ativos se mostraram adequados para a mitigação e neutralização de riscos implícitos nos retornos dos ativos no período, pois foram observados ganhos econômicos no mercado acionário descorrelacionados da carteira de mercado.

A metodologia apresentou-se como eficiente forma quantitativa de mapear relações econômicas entre ativos financeiros, e demonstrou potencial de aplicação em diferentes classes de ativos.

Quanto ao problema de pesquisa, os resultados observados sugerem que a metodologia utilizada pode permitir identificar e calibrar os instrumentos apropriados para a mitigação de riscos em portfólios e que a arbitragem estatística pode ser explorada como oportunidade econômica e como forma de avaliação de valor relativo. A cointegração pode ser considerada uma ferramenta adequada para o auxílio da gestão de portfólios e de riscos econômicos no processo de tomada de decisão em condições de exposição ao risco.

CAPÍTULO 13

REFERÊNCIAS

AIUBE, F. A. L. **Modelos quantitativos em finanças com enfoque em commodities**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ANDRADE, C. H. C. **Manual de Introdução ao Pacote Econométrico Gretl**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

AVELLANEDA, M.; LEE, J. H. Statistical arbitrage in the US equities market. **Quantitative Finance**, v. 10, p.761-782, 2008.

BUENO, R. L. S. **Econometria de séries temporais**, 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

BURGESS, A. N. **A Computational Methodology for Modelling the Dynamics of Statistical Arbitrage**. 1999. 370 p. Tese (Doutorado) - London Business School, University of London, London, 1999.

BURGESS, A. N. Using Cointegration to Hedge and Trade International Equities. *In*: DUNIS, C. (ed.); LAWS, J. (ed.); NAIM, P. (ed.). **Applied quantitative methods for trading and investment**. Chichester: John Wiley & Sons, 2003.

CALDEIRA, J. F. Arbitragem Estatística, Estratégia Long-Short Pairs Trading, Abordagem com Cointegração Aplicada ao Mercado de Ações Brasileiro. **Revista Economia**, v. 14, p.521-546, 2013.

CAMPELLO, M.; LIN, C.; YUE, M.; ZOU, H. The Real and Financial Implications of Corporate Hedging. **The Journal of Finance**, v. 66, p. 1615-1647, 2011.

CARVALHO, A.; SUEN, A. S.; GALLO, F. **Market Efficiency in Brazil: some evidence from high-frequency data**. Working Paper n. 431. Brasília: Banco Central do Brasil, 2016.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. **Econometrica**, v. 74, p. 427-431, 1979.

DO, B.; FAFF, R.; HAMZA, K. A new approach to Modelling and Estimation for Pairs Trading. *In*: **Proceedings of 2006 Financial Management Association European Conference**, p. 87-99, 2006.

ENDERS, W. **Applied econometric time series**, 2. ed. New Jersey: Wiley, 2004.

ENGLE, R.; GRANGER, C. Cointegration and error correction: representation, estimation and testing. **Econometrica**, v. 55, p. 251-276, 1987.

FABOZZI, F. J., FOCARDI, S. M., KOLM, P. N. **Financial Modeling of the Equity Market: From CAPM to Cointegration**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006.

GONÇALVES, R. P. F. **Modelos de Arbitragem Estatística para o Mercado Acionário Brasileiro**. 2011. 86 p. Projeto Final de Curso - Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada, Rio de Janeiro, 2011.

CAPÍTULO 13

JOHANSEN, S. Statistical Analysis of Cointegration Vectors. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 12, p. 231-254, 1988.

MARTINS, G.; DOMINGUES, O. **Estatística geral e aplicada**, 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2019.

MOLERO, L; MELLO, E. **Derivativos: negociação e precificação**. São Paulo: Saint Paul Editora, 2018.

PARREIRAS, L. P. R. F. **Arbitragem estatística e inteligência artificial**. 2007. 121 p. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática em Finanças) – Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SHARPE, W. F. **Portfolio Theory and Capital Markets**. New York: McGraw Hill, 1970.

ZORTÉA, C. T.; GALDI, F. C.; MONTE-MOR, D. S.; BEIRUTH, A. X. Um Estudo sobre a Eficiência do Mercado de Capitais após a Adoção da IFRS no Brasil: Aplicando o Teste De Mishkin. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, Florianópolis, v. 14, n. 32, p. 141-156, 2017.

CAPÍTULO 14

Path Planning and SDRE control for a Pick and place SCARA Robot

José Adenilson Gonçalves Luz Junior¹

José Manoel Balthazar¹

Angelo Marcelo Tusset²

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – UNESP Bauru

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica – UTFPR – Ponta Grossa

DOI: 10.47573/aya.88580.2.11.14



AYA EDITORA

CAPÍTULO 14

Resumo: Neste artigo, um modelo matemático do robô SCARA com três graus de liberdade, dois revolutivos e um prismático, foi apresentado e testado para aplicações *Pick and Place* usando planejamento de trajetória na execução dos percursos. Uma abordagem de Denavit-Hartenberg foi usada para obter o modelo cinemático e uma abordagem de Euler-Lagrange para o modelo dinâmico. O controle SDRE foi capaz de controlar os links tanto para um local fixo quanto para o planejamento de trajetória. O planejamento de caminho usando o polinômio de 5º grau apresentou bons resultados na posição de orientação e velocidade ao mesmo tempo. O próximo passo neste trabalho é adicionar equações dinâmicas para motores CC como atuadores para todos os três links.

Palavras-chave: planejamento de trajetória. SDRE. SCARA. Denavit-Hartenberg. Euler-Lagrange.

Abstract: In this paper, a mathematical model of SCARA robot with three degrees of freedom, two revolute and one prismatic, was presented and tested for Pick and Place applications using trajectory planning in the execution of routes. A Denavit-Hartenberg approach is used to obtain the kinematic model and a Euler-Lagrange for the dynamic model. The SDRE control was able to control the links both for a fixed location and for trajectory planning. Path Planning using the 5th degree polynomial showed good results on guiding position and speed at the same time. The next step in this work is to add dynamic equations for DC motors as actuators for all three links.

Keywords: Path Planning. SDRE. SCARA. Denavit-Hartenberg. Euler-Lagrange.

INTRODUCTION

Since the popularization of robotic in the 1980 every improvement in automated manufacturing has the massive usage of robotic systems. This presence can be seen in the increase in the number of processes using manipulators, but also in the improvement of fighting with the addition of robots to processes that were only made only by humans (Iqbal *et al.*, 2017, p.1; Kazemi and Kharrati, 2017, p. 1). The observation made by Najafi and Ansari (2019, p. 1) that the industry is moving from massive production lines to modular and adjustable sections is further evidence that the more versatile the manipulator is the greater its chance of being selected for an industrial application. The main point of having a versatile robotic system is the possibility to use it on a number of applications bringing advantages in all of them (Nejad *et al.*, 2019, p. 3; Tran *et al.*, 2019, p. 2).

Industrial applications present a wide variety of tasks; such as welding, painting and screwing; and the more tasks the robot can do the better results it brings

CAPÍTULO 14

to those different manufacturing cells. One type of task is almost used in every one of them: The Pick and Place. The Pick and Place is a task where the robotic system follows a path between, at least, two points taking or leaving an object at the beginning or the end of this path. Pick and Place can be approached by many robotic descriptions, from a complete analysis, including links and the tool, to a partial analysis separating the path made and the task made by the tool (Myint, 2016, p. 2; Najafi, 2019, p. 2).

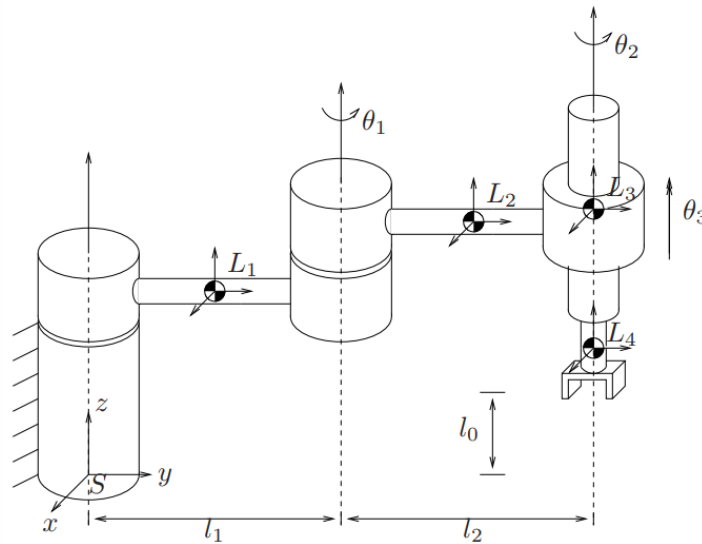
This work focuses on the second approach, leading with path and task done by the tool separately. Regardless of the approach, the manipulator control can be done using a large number of techniques but in most cases, it involves kinematic, dynamic and later the control itself. The main purpose to describe the SCARA robot using kinematic and dynamic model is to understand the boundaries of applications such as maximum load, range and work volume (Alshamansin *et al.*, 2009, p. 2). The inverse kinematic analysis can tell if a particular position and orientation of the robotic tool is possible and direct kinematics can tell in which orientation and position the robotic tool it is based on the link settings (Niku, 2011; Liu *et al.*, 2017, p. 5). Dynamic analysis provides complementary information when quantifying the forces involved in the movement and what configurations of actuators are needed to perform these movements (Jah *et al.*, 2014, p. 4). So, this work analyzes the application of the Path Planning for a SCARA robot with 3 DOF from two approaches, the kinematic to understand the links positions behavior and dynamic analysis to understand the forces involved.

SCARA ROBOTS

SCARA, Selective Compliance Assembly Robot Arm, manipulator is a robot introduced 1981 as an open loop-type, with two revolute joints and one prismatic connected directly to the tool. However, today this concept has evolved and can be associated with more than one structure. The SCARA structure used in this article has two revolute joints and one prismatic without any additional joint at the End-Effector, as shown in the figure 1.

CAPÍTULO 14

Figure 1 – SCARA manipulator structure.



Fonte: Adapted from Murray, Li and Sastry (1994)

The most current view is that the SCARA robot is a structure with n revolute links followed by a prismatic link and the possibility of a last revolute link attached to the manipulator end-effector or tool (Kalili *et al.*, 2013, p. 4; Alshamasin *et al.*, 2009). This number of possible configurations originates from the application for which the robot is used. Not all applications need a revolute degree of freedom in the end-effector, adding links incurs cost and complexity to control. These and many other reasons lead to the extension of the meaning of SCARA robots. Due to those characteristics the SCARA manipulators are of the most used type of robots for repetitive tasks (Rossomando and Soria, 2017, p. 2).

KINEMATICS

To the kinematic description the Denavit-Hartenberg method is one of the most indicate due to his simplicity and possibility to represent any robotic configuration. The D-H method is based in the idea that for a given body any change in its position in space can be represented from a maximum of two rotation and two translations (Niku, 2011; Jha, 2014). Bringing this to robotics, if all links are considered as a body it is possible to overlap all the origin reference frame from all links at the robot base. This process results in a set of rotations and translations that connect all links to a single point and in this way interconnect the movement of the links with each other. These

CAPÍTULO 14

rotations and translations are described in a matrix form where four parameters indicate the angles and the axis shift from one link, T_i , to the next, T_{i+1} .

On the D-H method the axis where the link shows the movement is called the z_i axis and the plane perpendicular to z_i it is where the x_i axis is. The y_i axis it is perpendicular to the x_i axis and complete the coordinate frame position (Niku, 2011; Lewis, Dawson and Abdallah, 2004). For all robotics links an (x_i, y_i, z_i) frame is set and four parameters are defined, d_i , a_i , θ_i and α_i . The parameter d_i is the translation between the axis x_i along the z_i direction, the distance a_i is the translation between the axis z_i along the x_i , the angle α_i is the rotation between the axis z_i along the x_i and the angle θ_i is the rotation between the axis x_i along the z_i . The position of all those parameters, angles and distances where taken from the figure 1. The final transformation matrices of the SCARA robot are given by the equation (1).

Table 1 – Values adopted for the Denavit-Hartenger parameters

Item	a_i	α_i	d_i	θ_i
Link 1	L_1	0	0	θ_1
Link 2	L_2	0	0	θ_2
Link 3	0	π	$-L_3$	θ_3

Source: Self-autorship

$$T_{0,3} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1 + \theta_2) & -\sin(\theta_1 + \theta_2) & 0 & L_2\cos(\theta_1 + \theta_2) + L_1\cos(\theta_1) \\ \sin(\theta_1 + \theta_2) & \cos(\theta_1 + \theta_2) & 0 & L_2\sin(\theta_1 + \theta_2) + L_1\sin(\theta_1) \\ 0 & 0 & -1 & d_1 - d_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

DYNAMICS

The system presents three generalized coordinates, two for the revolute joints and one for the prismatic joint as shown in the figure 1. The dynamic model is based on the Euler-Lagrange method, equation (2). This approach is based on the principle of the conservation of energy, the difference between the kinematic and potential energy of the three links (Murray et al, 1994; Mariappan, 2016, p. 5).

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial q_i} = \tau_i \quad (2)$$

CAPÍTULO 14

As shown in the D-H matrices, the SCARA robot has the third link with 90 degrees of displacement in z_i compared to the previous two links and this does not allow for generalized coordinate equations relating these two groups. The first group, links 1 and 2, don't have movement in z_i and the second group, link 3, only has movement on the z_i axis. As Kern and Urrea (2016) shows, adding links to the manipulator increases the complexity. To this system two control loops has used, one to control the first two links and one for the third link. The Lagrange equations of motion for the first and second links are given by

$$L = \dot{\theta}_1^2 c_{L1} + \dot{\theta}_2 \dot{\theta}_2 c_{L2} + \dot{\theta}_2^2 c_{L3} + (L_2^2 c m_2^2 + L_1^2) m_2 + g \cos(\theta_1) L_1 (c m_1 m_1 + c m_2 m_2) \quad (3)$$

$$c_{L1} = \frac{1}{2} ((2L_1 L_2 m_2 L_{c2} \cos(\theta_2)) + m_1 L_1^2 c m_1^2 + I_1 + I_2) \quad (4)$$

$$c_{L2} = (L_1 L_2 m_2 c m_2 \cos(\theta_2) + L_2^2 c m_2^2 m_2 + I_2) \quad (5)$$

$$c_{L3} = \frac{1}{2} \dot{\theta}_1^2 ((L_2^2 c m_2^2 m_2 + I_2)) \quad (6)$$

The torques on the joint are given by

$$\tau_1 = (2\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) c_{\tau1} - (2\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) c_{\tau2} + \ddot{\theta}_1 c_{\tau3} + (\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) c_{\tau4} + \ddot{\theta}_1 (I_1 + I_2) + \ddot{\theta}_2 I_2 + c_{\tau5} \quad (7)$$

$$\tau_2 = \ddot{\theta}_1 L_1 L_2 m_2 c m_2 \cos(t2) + L_1 L_2 m_2 c m_2 \sin(t2) \dot{\theta}_1^2 + (\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) ((L_2^2 c m_2^2 m_2 + I_2)) \quad (8)$$

$$c_{\tau1} = (L_1 L_2 c m_2 m_2 \cos(t2)) \quad (9)$$

$$c_{\tau2} = (L_1 L_2 c m_2 m_2 \sin(t2)) \quad (10)$$

$$c_{\tau3} = L_1^2 (c m_1^2 m_1 + m_2) \quad (11)$$

CAPÍTULO 14

$$c_{\tau 4} = (cm_2^2 L_2^2 m_2) \quad (12)$$

$$c_{\tau 5} = g \sin(t1) L_1 (cm_2 m_2 + cm_1 m_1) \quad (13)$$

The robotic system can be expressed in the so-called compact form of the dynamic equation that is given by

$$\tau = M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + G(q) \quad (14)$$

Where $M(q)$ is a matrix of dimension $n \times n$ called Inertia Matrix, $C(q, \dot{q})$ is the $n \times n$ matrix of centrifugal and Coriolis forces, $G(q)$ is the gravitational forces and τ is a vector of the external forces.

The formulation presented in the equation (14) is known as Forward Dynamics because it provides the forces that were needed to produce the acceleration, speed and positions. However, in applications such as Pick and Place, the need is to know the forces necessary to follow the path defined for a given task. This second approach is known as Inverse Dynamics because it provides the forces involved on the position, speed and acceleration already known. Using the compact form shown in (14) is possible to express this same equation in terms of the acceleration vector.

$$\ddot{q} = M(q)^{-1}[\tau - C(q, \dot{q})\dot{q} - G(q)] \quad (15)$$

The matrices for the first and second link are given by

$$\ddot{q} = [\ddot{\theta}_1 \quad \ddot{\theta}_2]^T \quad (16)$$

$$\dot{q} = [\dot{\theta}_1 \quad \dot{\theta}_2]^T \quad (17)$$

$$\tau = [\tau_1 \quad \tau_2]^T \quad (18)$$

CAPÍTULO 14

$$M(q) = \begin{bmatrix} M_{1,1} & m_2 L_c^2 + m_2 L_1 L_{c2} \cos(\theta_2) + m_2 I_2 \\ m_2 L_c^2 + m_2 L_1 L_{c2} \cos(\theta_2) + m_2 I_2 & m_2 L_c^2 + I_2 \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$M_{1,1} = 2m_2 L_1 L_2 \cos(\theta_2) + (L_1^2 + L_{c2}^2)m_2 + m_1 L_{c1}^2 + I_1 + I_2 \quad (20)$$

$$C(q, \dot{q}) = \begin{bmatrix} -m_2 L_1 L_{c2} \sin(\theta_2) \dot{\theta}_2 & -m_2 L_1 L_{c2} \sin(\theta_2) (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) \\ m_2 L_1 L_{c2} \sin(\theta_2) \dot{\theta}_1 & 0 \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$G(q) = \begin{bmatrix} g((c \cos(\theta_2) m_2 L_2 + m_2 L_1 + m_1 L_{c1}) \cos(\theta_1) - m_2 L_{c2} \sin(\theta_1) \sin(\theta_2)) \\ g m_2 L_{c2} (\cos(\theta_1) \cos(\theta_2) - \sin(\theta_1) \sin(\theta_2)) \end{bmatrix} \quad (22)$$

The third link can be described as single degree of freedom system that has movement only on one axis. This makes him dependent on the links mass, the friction between link and structure and gravity pulling the link down.

$$m_3 \ddot{z}_3 + k_3(z_3) - m_3 g = \tau_3 \quad (23)$$

$$[\tau_3] = [m_3][\ddot{z}_3] - [m_3 g] + [k_3] \quad (24)$$

SDRE CONTROL

The SDRE control technique is one of the control techniques used for non-linear systems that where it is not desired to use the linearization process in the system description. The process is based on a pseudo-linearization of the system state space description and using concepts of Calculus of variations to find the maximum or minimum of the control function (Kumar *et al*, 2014, p. 4). In this approach the objective is the minimization from the so-called Linear Quadratic Regulator. The LQR is based on the assumption that is possible to control the states of the system, $x(t)$, through a control law $u(t)$ that is composed by the multiplication of a gain matrix K by the state vector $x(x)$. This control law $u(t)$ is used as the external forces τ_n in (7) and (8), the state vector $x(t)$ is known so the LQR control is responsible to define the values for the gain matrix K based on the system state space description and the performance parameters. The LQR goal is to find this gain matrix by minimizing the cost function J

CAPÍTULO 14

given by the equation (25) where $Q(x)$ is an $n \times n$ symmetric positive semi-defined matrix and R is $m \times m$ symmetric positive defined matrix.

$$J = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} (x^T Q(x) x(t) + u^T Q(x) x(t)) dt \quad (25)$$

In J the product $x^T Q(x)$ is responsible to the control accuracy, $u^T Q(x)$ to the control effort and the control configuration is made by selecting $Q(x)$ and R to the desired accuracy and effort. The gain matrix K is given by assuming that a matrix P is the solution for the integral J , equation (25). The solution of this assumption leads to the Riccati Equation, equation (26), where the value for P is found due to the fact that the matrices $A(x)$, B , R and $Q(x)$ are known.

$$A^T(x)P + PA(x) - PBR^{-1}B^T P + Q = 0 \quad (26)$$

As Kirk (1970) and Kumar et al (2014) shows, the matrix K is the product of the matrices R , B and P .

$$K = R^{-1}B^T P \quad (27)$$

The implementation of the SDRE control is made by a loop where the LQR control is applied in each one of the i interactions. On those i interactions the following step are executed:

- Step 1: Calculate component values and generate matrices $A(x)_i$ and $B(x)_i$;
- Step 2: Define if the system is controllable using the criterion express in the equation XX;
- Step 3: Use the values of Q and R to solve the Riccati Equation and find P ;
- Step 5: Use the value of P to find the control signal $u(t)$;
- Step 6: Return to the Step 1, define the values for $A(x)_{i+1}$ and $B(x)_{i+1}$;
- Step 7: Check the criterion verification on Step 2;

CAPÍTULO 14

- Step 8 (a): If the system given by $A(x)_{i+1}$ and $B(x)_{i+1}$ is controllable, continues to the Step 3.
- Step 8 (b): If the system given by $A(x)_{i+1}$ and $B(x)_{i+1}$; is not controllable, use the values last controllable values for $A(x)_i$ and $B(x)_i$.

The state space representation for the first two links, equations (29) and (30), can be expressed using the matrix provided by the inverse dynamics shown in (16) by arranging all the components related to the system states on the matrix A and the components related to the inputs on the matrix B. The complete loop control is shown in the figure 2. The state space representation for the third link is given by the matrices (39) and (40).

$$\dot{x} = A(x)x(t) + Bu(t) \quad (28)$$

$$A(x)_{Link\ 1\ and\ 2} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & A_{2,2} & 0 & A_{2,4} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & A_{4,2} & 0 & A_{4,4} \end{bmatrix} \quad (29)$$

$$B(x)_{Link\ 1\ and\ 2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ B_{2,1} & B_{2,2} \\ 0 & 0 \\ B_{4,1} & B_{4,2} \end{bmatrix} \quad (30)$$

$$A_{2,2} = L_1(m_2 L_1 L_{c2} \sin(\theta_2) \dot{\theta}_1 + ((\dot{\theta}_1 + 2\dot{\theta}_2)L_{c2}^2 + I_2 \dot{\theta}_1)m_2 + 2I_2 \dot{\theta}_2)m_2 L_{c2} \sin(\theta_2)/\gamma_1 \quad (31)$$

$$A_{2,4} = \dot{\theta}_2 \sin(\theta_2) m_2 L_1 L_{c2} (L_{c2}^2 m_2 + I_2)/\gamma_1 \quad (32)$$

$$A_{4,2} = (-2\dot{\theta}_2 L_1 L_{c2} \sin(\theta_2) m_2^2 (L_1 L_{c2} \cos(\theta_2) + L_{c2}^2 + I_2)/\gamma_1) + \\ (- (2m_2 L_1 L_{c2} \cos(\theta_2) + (L_{c2}^2 + L_1^2)m_2 + L_{c1}^2 m_2 + I_2 + I_1) \dot{\theta}_1 \sin(\theta_2) m_2 L_1 L_{c2}/\gamma_1) \quad (33)$$

$$A_{4,4} = -m_2^2 L_1 L_{c2} \sin(\theta_2) \dot{\theta}_2 (L_1 L_{c2} \cos(\theta_2) - L_{c2}^2 + I_2)/\gamma_1 \quad (34)$$

$$B_{2,1} = L_{c2}^2 m_2 + I_2/\gamma_1 \quad (35)$$

CAPÍTULO 14

$$B_{2,2} = B_{4,1} = -m_2(L_1L_{c2}\cos(\theta_2) + L_{c2}^2 + I_2)/\gamma_1 \quad (36)$$

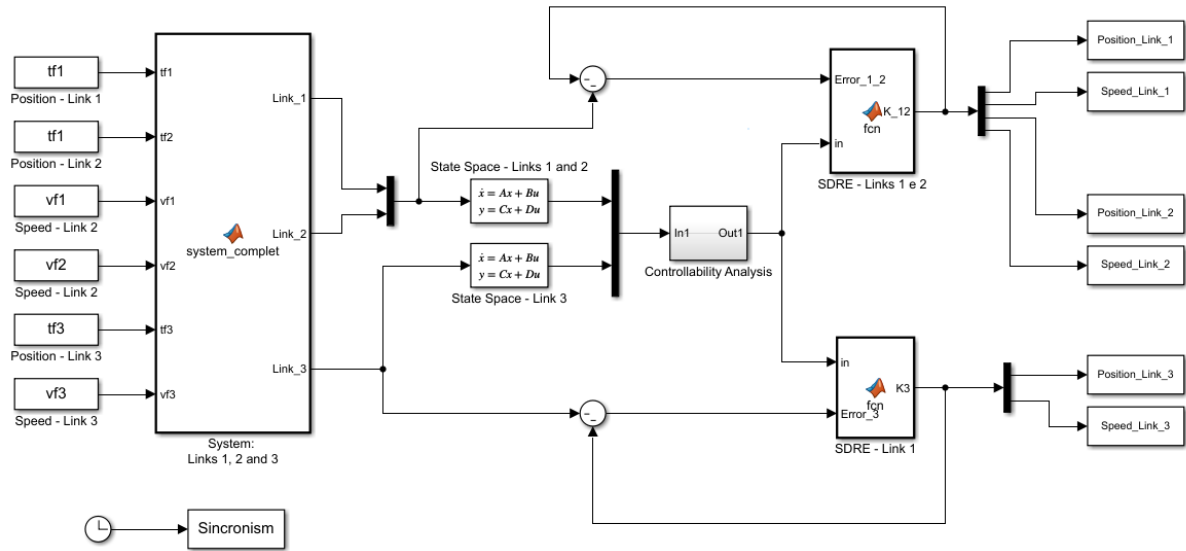
$$B_{4,2} = 2m_2L_1L_2\cos(\theta_2) + (L_{c2}^2 + L_1^2)m_2 + L_{c1}^2m_1 + I_2 + I_2/\gamma_1 \quad (37)$$

$$\gamma_1 = I_2 \left((2L_{c2}^2 + L_1^2)m_2 + L_{c1}^2m_1 + I_2 + I_1 - I_2m_2^2 \right) + 2m_2L_1L_2\cos(\theta_2)(L_2 - m_2L_{c2}) - m_2^2L_1^2L_2^2\cos(\theta_2)^2 + L_{c2}^2m_1(2m_2L_1(L_2 - L_{c2})\cos(\theta_2) + (L_1^2 - 2I_2)m_2 + L_{c1}^2m_1 + I_1) \quad (38)$$

$$A(x)_{Link\ 3} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -k_3/m_3 & 0 \end{bmatrix} \quad (39)$$

$$B(x)_{Link\ 3} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1/m_3 \end{bmatrix} \quad (40)$$

Figure 2 – Complete Loop control for all three links.



Source: Self-authorship

PATH PLANNING

The Path Planning can be made by a number of approaches such as polynomial derivation, image processing and predefined vector for the robot state variables. Regardless of the possibility used, the goal is to use the path to prove that the robotic arm can follow a path under control (Niku, 2011, p. 182; Lewis *et al*, 2004, p. 171).

CAPÍTULO 14

The choice for the use of a 5th order polynomial in this work for Path Planning is based on the fact that the use of this type of polynomial allows, through two consecutive derivatives, a Path for speed and acceleration. So, for position the 5th degree polynomial is used, for the speed the first derivative and for the acceleration the second derivative as presented in (41), (42) and (43).

$$q_{path\ i}(t) = a_{i5}t^5 + a_{i4}t^4 + a_{i3}t^3 + a_{i2}t^2 + a_{i1}t + a_{i0} \quad (41)$$

$$\dot{q}_{path\ i}(t) = 5a_{i5}t^4 + 4a_{i4}t^3 + 3a_{i3}t^2 + 2a_{i2}t + a_{i1} \quad (42)$$

$$\ddot{q}_{path\ i}(t) = 20a_{i5}t^3 + 12a_{i4}t^2 + 6a_{i3}t + 2a_{i2} \quad (43)$$

Table 2 – Parameters for the Path Planning

Item	Simple	Unit	Value
Initial Time	$t_{path\ 0}$	s	0
Final Time	$t_{path\ f}$	s	2
Initial position	$\theta_{path\ 0}$	rad	0
Final position	$\theta_{path\ f}$	rad	$\pi/6$
Initial speed	$\omega_{path\ 0}$	rad/s	0
Final speed	$\omega_{path\ f}$	rad/s	0
Initial acceleration	$\dot{\omega}_{path\ 0}$	rad/s ²	0
Final acceleration	$\dot{\omega}_{path\ f}$	rad/s ²	0

Source: Self-autorship

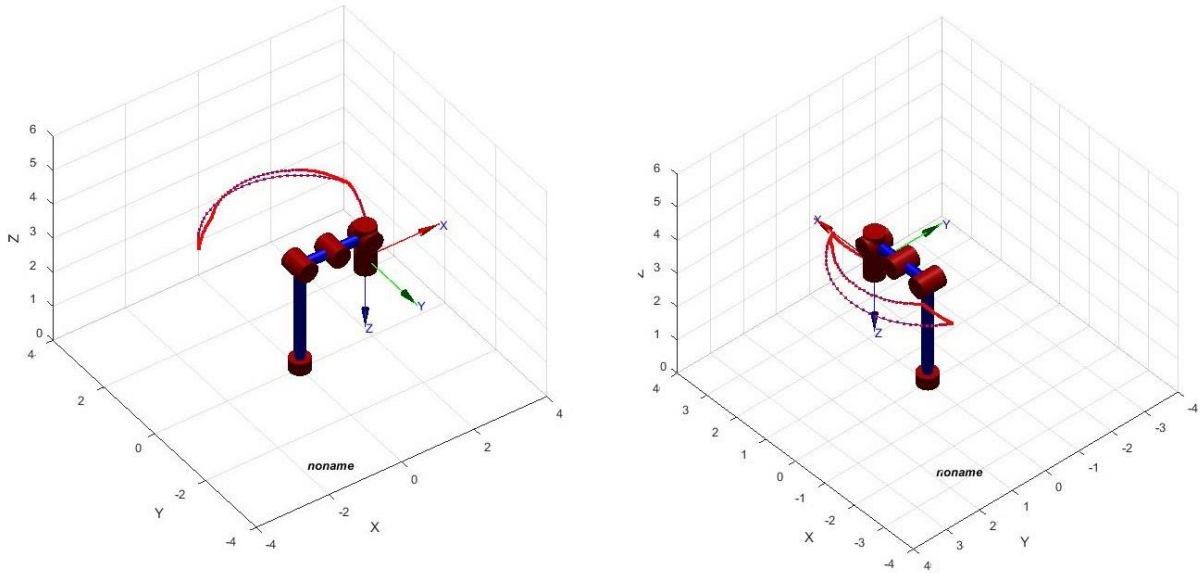
NUMERICAL SIMULATION

The system analysis is made in three blocks of simulations: Inverse Kinematics, SDRE control for a fixed point and the Path Planning. The kinematics simulation, figure 4, shows that it is possible to reach the desired path used in Path Planning, given that the work volume provided by the robot's physical parameters allows reaching all the necessary points during the movement. The physical parameters used for the link is shown in the table 3. The results for the Path Planning are shown in the figure 7 using the table 2 data. In the control equations the links 1 and 2 speed are written as ω_i instead of $\dot{\theta}_i$ as is written on the mathematical model, (7) to (22). The third link position is written as is shown on the mathematical model. The desired position and speed are

CAPÍTULO 14

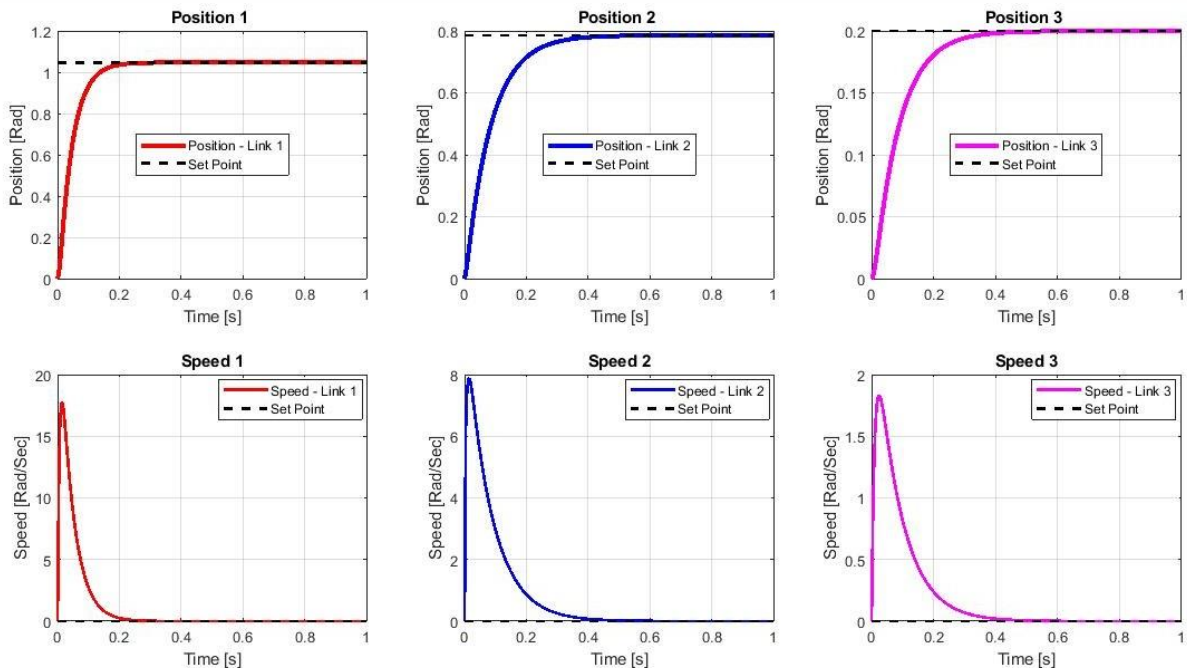
written as $\tilde{\theta}_i$ and $\tilde{\omega}_i$ for the first and second link, for the prismatic link the desired position is \tilde{z}_3 and the speed $\tilde{\dot{z}}_3$, the control law for the first and second link is given by the equation (44) and for the third link by the equation (45). The values used for the results presented in the figure 5 is $\pi/3$ rad for the first link position, $\pi/6$ rad for the second link position, 0.15 rad for the third link and 0 rad/s for three links final speed.

Figure 4 – Inverse Kinematics



Source: Self-authorship

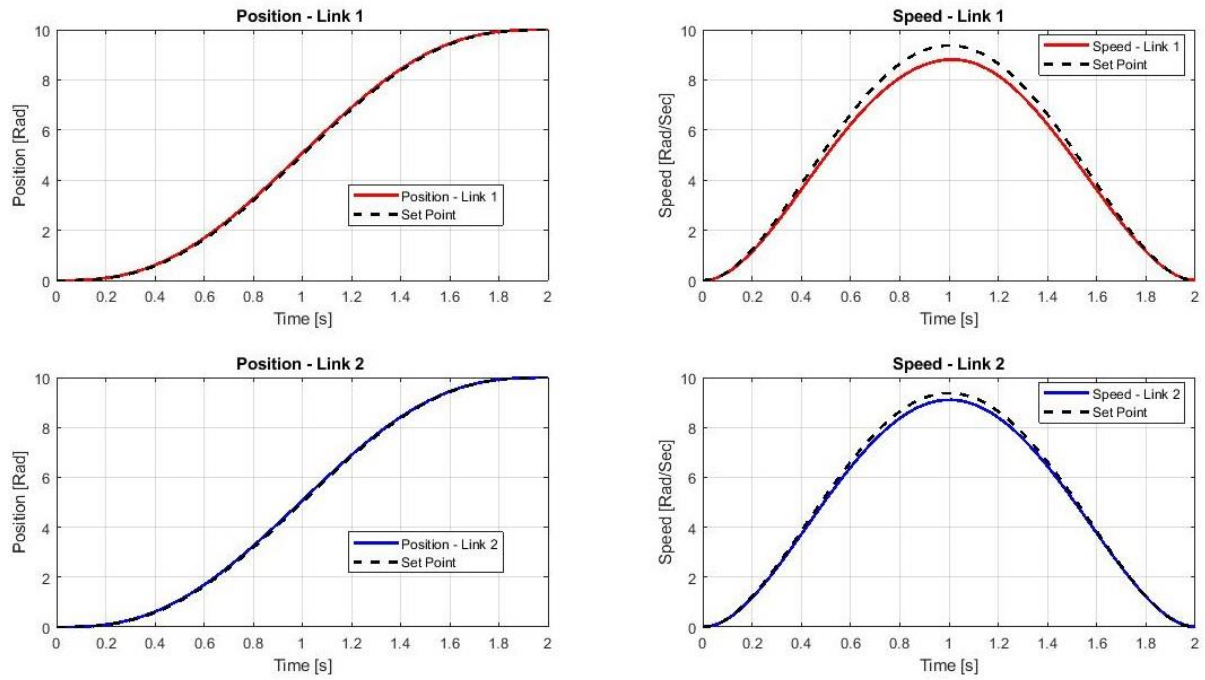
Figure 5 – SDR control for a fixed position



Source: Self-authorship

CAPÍTULO 14

Figure 6 – SDRE control for the Path Planning



Source: Self-autorship

$$u(t)_{1,2} = \sum_{j=1}^i \left(K_{1,1}(\theta_1 - \tilde{\theta}_1) + K_{1,2}(\theta_2 - \tilde{\theta}_2) + K_{1,3}(\omega_1 - \tilde{\omega}_1) + K_{1,4}(\omega_2 - \tilde{\omega}_2) \right) \quad (44)$$

$$u(t)_3 = \sum_{j=1}^i \left(K_{1,1}(z_3 - \tilde{z}_3) + K_{1,2}(\dot{z}_3 - \tilde{\dot{z}}_3) \right) \quad (45)$$

Table 3 - Physical Parameters for the Links

Item	Simble	Unit	Value
Links 1 and 2 - Mass	$m_{1,2}$	kg	0.250
Link 3 – Mass	m_3	kg	0.15
Links 1 and 2 - Lenght	$L_{1,2}$	m	0.15
Link 3 - Length	L_3	m	0.25
Links 1 and 2 - Moment of Inertia	$I_{1,2}$	$kg.m^2$	$(1/3)m_{1,2}L_{1,2}^2$
Links 3 - Moment of Inertia	I_3	$kg.m^2$	$(1/3)m_3L_3^2$
Link 3 - Friction constante	k_3	-	0.15
Links 1, 2 and 3 – Center of Mass	L_{ci}	m	0.5

Source: Self-autorship

CAPÍTULO 14

CONCLUSION

The Denavit-Hartenberg method used for the kinematic description is capable to be used to plan the path or evaluate if the manipulator presents the work volume needed to a certain application. The Euler-Lagrange is a good complement to the Denavit-Hartenberg description due to the fact that provide the torque needed to each path planned. The simulation, shown in figure 5 and 6, revealed that the SDRE control is capable of controlling the speed and position of each link individually. But most importantly, it is able to provide options such as high speed, high accuracy in positions or an ideal combination between both depending on the application. It is shown that is possible to use a defined Path Planning to each one of the robot links making his usage on tasks as pick and place a practical application. The figures 5 and 6 shows the error on position is controllable and can be oriented by the application and the need for more precision or agility on pick and place applications. The next step in this research is to add the dynamic description of the DC motors used in the link as the actuators and analyze how the motor parameters; such as touch, current and voltage; behave in different simulated paths.

REFERENCES

- ALSHAMASIN, M. S.; IONESCU, F.; AL-KASASBEH, R. T. Kinematic Modeling and Simulation of a SCARA Robot by using Solid Dynamics and Verification by MATLAB/Simulink. **European Journal of Scientific Research**, vol. 37, p. 388-405, 2009.
- IQBAL, J.; KHAN, Z. H.; KHALID. A. Prospects of Robotics in food industry. **Food Science and Technology**, Campinas, São Paulo, p. 159-165, April, 2017.
- JHA, A. K.; DUTTA, A. K.; SAHA, J. Analysis of Dynamic of SCARA-ER14 Robot in MATLAB. **International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering**, vol. 1, 2014.
- KALILI, A. DUMLU, A. ÇORAPSIZ, M. F. ERENTURK, K. Detailed Analysis of SCARA-Type Serial Manipulator on a Moving Base with Labview. **International Journal of Advanced Robotic System**, v. 13, 2013.
- KAZEMI, S.; KHARRATI, H. Visual Processing and Classification of Items on Moving Conveyor with Pick and Place Robot using PLC. **Intelligent Industrial Systems**, vol. 3, p. 15-21, 2017.
- KERN, J.; URREA, C. Trajectory Tracking Control of a Real Redundant Manipulator of the SCARA Type. **Journal of Eletronic Engineering Technology**, vol. 11, p. 215-226, 2016.

CAPÍTULO 14

KIRK, D. E. **Optimal Control Theory** – An Introduction. Patrice Hall, New Jersey, 1970.

LEWIS, F. L.; DAWSON, D. M.; ABDALLAH, C. T. **Robot Manipulator Control - Theory and Practice**. 2nd Ed. Marcel Dekker. New York: 2004.

KUMAR, V. E.; JEROME, J.; RAAJA, G. State Dependent Riccati Equation based Nonlinear Controller Design for Ball and Beam System. **Procedia Engineering**, vol. 97, p. 1896 – 1905, 2014.

LIU, R.; XU, Y. Dynamic modeling of SCARA Robot based on Udwadia-Kalaba theory. **Advances in Mechanical Engineering**, p.1-12, vol. 19, 2017.

MARIAPPAN, S. M.; VEERABATHIRAN, A. Modeling and simulation of multi spindle drilling redundant SCARA robot using SolidWorks and MATLAB/SimMechanics. **Revista Facultad de Ingeniería**, vol. 81, p. 63-77, 2016.

MYINT, K. M.; HTUN, Z. M. M.; TUN, H. M. Position Control Method for Pick and Place Robot Arm for Object Sorting System. **International Journal of Scientific & Technology Research**, vol. 5, Issue 6, June, 2016.

MO, J.; SHAO, Z.; GUAN, L.; XIE, F.; TANG X. Dynamic performance analysis of the X4 high-speed pick-and-place parallel robot. **Robotics and Computer – Integrated Manufacturing**, vol. 46, p. 48-57, 2017.

MURRAY, R. M.; LI, Z.; SASTRY, S. S. **A Mathematical Introduction to Robotic Manipulators**. CRC Press. 1st ed. 1994.

NAJAFI, E.; ANSARI, M. Model-based Design Approach for an Industry 4.0 Case Study: A Pick and Place Robot. **23rd International Conference on Mechatronics Technology (ICMT)**, SALERNO, Italy, 2019, pp. 1-6.

NEJAD, M. G.; SHAVARANI, S. M.; GUDEN, H.; BARENJI, R. V. Process sequencing for a pick-and-place robot in a real-life flexible robotic cell. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, vol. 103, p. 3612-3627, 2019.

NIKU, S. B. **Introduction to Robotics: analysis, control and applications**. Hoboken. 2nd Ed. New Jersey: 2011

ROSSOMANDO, F. G.; SORIA, C. M. Discrete-time sliding mode neuro-adaptative controller for SCARA robot arm. **Neural Computation & Applications**, 2017.

TRAN, H.; YAHOU, N. SIAUVE. Application of Power Line Communication (PLC) in the Industry 4.0 course for Master students. **2019 29th Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE)**. Ruse, Bulgaria, 2019, p. 1-4.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agronegócio	10, 47, 48, 61
Alta disponibilidade	127, 171, 174, 183, 185, 186
Arbitragem estatística	202, 206, 209, 210, 212, 213, 214
Automáticos	12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 26, 27, 199

B

Biomecânica	112, 117, 122
-------------	---------------

C

Capacidades dinâmicas	64
Carvão vegetal	125, 126, 127, 128, 134, 136
Catador	154, 166
Chuveiros	12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 26, 27
Classificação	99, 101, 109, 140, 156
Coco	125, 126, 127, 128, 132, 133, 134, 135, 136
Cointegração	202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 214
Coleta seletiva	154, 156, 161, 162, 168
Competências	10, 82, 83, 84, 85, 88, 92, 93, 94, 95
Confiabilidade	26, 72, 171, 174, 178, 179, 183
Convolucionais	99, 104, 109
Corporativa	29, 30, 40, 203
Criatividade	10, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 40, 41, 83, 88, 90
Cultura	29, 30, 31, 40, 61, 86, 90
Custo de interrupção	189, 190

D

Denavit-Hartenberg	218, 220, 231
Digitalização	47, 48, 55, 59
Dimensionamento	12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 193
DORT	112, 113

E

Economia	47, 48, 54, 59, 60, 83, 85, 151, 206
Eficiência	55, 69, 85, 176, 184, 199, 202

ÍNDICE REMISSIVO

Eletromiografia-----	112, 114, 117, 119
Embarcações fluviais-----	138
Energia elétrica-----	189, 190, 191, 192, 193, 194, 197, 200
Engenharia de produção-----	82, 93, 151, 237
EPANET-----	12, 14, 15, 17, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27
Ergonomia-----	10, 112, 113, 114
Euler-Lagrange-----	218, 221, 231

G

Galpão-----	15, 154, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167
Gestão de mudanças-----	64
Gestão de recursos-----	64

H

Habilidades-----	10, 30, 31, 32, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 90, 92, 93, 94, 95
Hedge-----	202, 203, 204
Hidráulica-----	12, 14, 15, 21, 22, 23, 25, 26

I

Imagem-----	36, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 193
Industrial applications-----	218
Inovadoras-----	64, 93
Isotermas-----	125, 127, 128, 129, 130, 131, 133, 134

L

Legislação-----	12, 13, 26, 47, 48, 192
LER-----	112, 113

M

Material particulado-----	154, 155, 157, 159, 160, 163, 165, 166
Mercado-----	10, 48, 53, 54, 64, 65, 66, 67, 68, 77, 82, 83, 85, 86, 87, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 112, 115, 139, 140, 141, 156, 199, 202, 203, 205, 206, 210, 211, 212, 213, 214
Mercado de ações-----	202, 203, 210, 212, 213, 214
MNIST-----	99, 101, 102, 105, 109, 110
Modelagem-----	10, 12, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 65, 68, 69, 71, 72, 73, 75, 77, 175, 202, 204, 206

ÍNDICE REMISSIVO

N

Neuromecânica-----112

O

Otimização-----15, 26, 47, 53, 56, 58, 59, 64, 67, 69, 76, 84, 85

P

Pequenas empresas-----64, 65, 66, 69, 71

Planejamento de trajetória-----218

Práticas pedagógicas-----82, 83, 89, 95

Processo produtivo-----73, 138, 139, 141, 142, 143, 149, 151, 192, 199

Produção industrial-----189, 190, 191, 192, 197, 199, 200

Q

Qualidade--15, 31, 32, 55, 58, 68, 82, 85, 86, 87, 90, 96, 112, 138, 141, 150, 151, 154, 156, 157, 158, 184, 189, 190, 194

Questionário-----29, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 71

R

Redes neurais-----99, 101, 102, 109

Robotics-----220, 221

S

SCARA-----218, 219, 220, 221, 222, 231, 232

SDRE-----218, 224, 225, 228, 229, 230, 231

Segmentação-----99, 102, 104

Sistema de informação-----171

Soja-----47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61

T

Tecnologia-----30, 49, 56, 59, 67, 82, 84, 85, 87, 90, 91, 92, 94, 95, 141, 183, 185, 237

Tolerante a falha-----171

Triagem-----154, 156, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 167

ORGANIZADOR

MYLLER AUGUSTO SANTOS GOMES

Avaliador de cursos de graduação presencial e à distância do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP. Doutorado em andamento em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Mestre em Gestão de Políticas Públicas Pela Universidade do Vale do Itajaí, Pós-Graduação Lato Sensu em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão da Administração Pública pela Universidade Castelo Branco, graduação em Administração Pública pela Universidade Estadual de Ponta Grossa e graduação em Gestão Empresarial pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Tem experiência na área de administração e engenharia de produção, com ênfase em relação Universidade-Empresa-Governo, atuando principalmente nos seguintes temas: Modelos de relacionamento Universidade-Empresa-Governo, processo de transferência de tecnologia, gestão do conhecimento, políticas de compensação, políticas públicas, *big data analytics*, healthcare e análises antropotecnológicas.

