

ERNANE ROSA MARTINS
(Organizador)

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

GESTÃO DE QUALIDADE, PRODUÇÃO E OPERAÇÕES



ERNANE ROSA MARTINS
(Organizador)



ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

GESTÃO DE QUALIDADE, PRODUÇÃO E OPERAÇÕES

1ª EDIÇÃO



editora
científica digital

2021 - GUARUJÁ - SP



EDITORA CIENTÍFICA DIGITAL LTDA
Guarujá - São Paulo - Brasil
www.editoracientifica.org - contato@editoracientifica.org

Diagramação e arte	2021 by Editora Científica Digital
Equipe editorial	Copyright© 2021 Editora Científica Digital
Imagens da capa	Copyright do Texto © 2021 Os Autores
Adobe Stock - licensed by Editora Científica Digital - 2021	Copyright da Edição © 2021 Editora Científica Digital
Revisão	Acesso Livre - Open Access
Os autores	

Parecer e revisão por pares

Os textos que compõem esta obra foram submetidos para avaliação do Conselho Editorial da Editora Científica Digital, bem como revisados por pares, sendo indicados para a publicação.

O conteúdo dos capítulos e seus dados e sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. É permitido o download e compartilhamento desta obra desde que no formato Acesso Livre (Open Access) com os créditos atribuídos aos respectivos autores, mas sem a possibilidade de alteração de nenhuma forma ou utilização para fins comerciais.



Esta obra está licenciado com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57

Engenharia de produção [livro eletrônico] : gestão de qualidade, produção e operações / Organizador Ernane Rosa Martins. – Guarujá, SP: Científica Digital, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-89826-98-9

DOI 10.37885/978-65-89826-98-9

1. Engenharia de produção. 2. Controle de produção. 3. Controle de qualidade. I. Martins, Ernane Rosa.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

E-BOOK

ACESSO LIVRE ON LINE - IMPRESSÃO PROIBIDA

2021

CORPO EDITORIAL

Direção Editorial

Reinaldo Cardoso

João Batista Quintela

Editor Científico

Prof. Dr. Robson José de Oliveira

Assistentes Editoriais

Erick Braga Freire

Bianca Moreira

Sandra Cardoso

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior - CRB6/2422

Jurídico

Dr. Alandelon Cardoso Lima - OAB/SP-307852



CONSELHO EDITORIAL

MESTRES, MESTRAS, DOUTORES E DOUTORAS

Robson José de Oliveira

Universidade Federal do Piauí, Brasil

Eloisa Rosotti Navarro

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

Rogério de Melo Grillo

Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Carlos Alberto Martins Cordeiro

Universidade Federal do Pará, Brasil

Ernane Rosa Martins

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Brasil

Rossano Sartori Dal Molin

FSG Centro Universitário, Brasil

Domingos Bombo Damião

Universidade Agostinho Neto, Angola

Carlos Alexandre Oelke

Universidade Federal do Pampa, Brasil

Patrício Francisco da Silva

Universidade CEUMA, Brasil

Reinaldo Eduardo da Silva Sales

Instituto Federal do Pará, Brasil

Dalízia Amaral Cruz

Universidade Federal do Pará, Brasil

Susana Jorge Ferreira

Universidade de Évora, Portugal

Fabricio Gomes Gonçalves

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Erival Gonçalves Prata

Universidade Federal do Pará, Brasil

Gevair Campos

Faculdade CNEC Unaí, Brasil

Flávio Aparecido De Almeida

Faculdade Unida de Vitória, Brasil

Mauro Vinicius Dutra Girão

Centro Universitário Inta, Brasil

Clóvis Luciano Giacomet

Universidade Federal do Amapá, Brasil

Giovanna Moraes

Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

André Cutrim Carvalho

Universidade Federal do Pará, Brasil

Silvani Verruck

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

Auristela Correa Castro

Universidade Federal do Pará, Brasil

Oswaldo Contador Junior

Faculdade de Tecnologia de Jahu, Brasil

Claudia Maria Rinhel-Silva

Universidade Paulista, Brasil

Dennis Soares Leite

Universidade de São Paulo, Brasil

Silvana Lima Vieira

Universidade do Estado da Bahia, Brasil

Cristina Berger Fadel

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Graciete Barros Silva

Universidade Estadual de Roraima, Brasil

Juliana Campos Pinheiro

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Cristiano Marins

Universidade Federal Fluminense, Brasil

Silvio Almeida Junior

Universidade de Franca, Brasil

Raimundo Nonato Ferreira Do Nascimento

Universidade Federal do Piauí, Brasil

Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva

Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória, Brasil

Carlos Roberto de Lima

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil



Daniel Luciano Gevehr

Faculdades Integradas de Taquara, Brasil

Maria Cristina Zago

Centro Universitário UNIFAAT, Brasil

Wesley Viana Evangelista

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

Samylla Maira Costa Siqueira

Universidade Federal da Bahia, Brasil

Gloria Maria de Franca

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Antônio Marcos Mota Miranda

Instituto Evandro Chagas, Brasil

Carla da Silva Sousa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Brasil

Dennys Ramon de Melo Fernandes Almeida

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil

Francisco de Sousa Lima

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Brasil

Reginaldo da Silva Sales

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

Mário Celso Neves De Andrade

Universidade de São Paulo, Brasil

Maria do Carmo de Sousa

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

Mauro Luiz Costa Campello

Universidade Paulista, Brasil

Sayonara Cotrim Sabioni

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Brasil

Ricardo Pereira Sepini

Universidade Federal de São João Del-Rei, Brasil

Flávio Campos de Moraes

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Sonia Aparecida Cabral

Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, Brasil

Jonatas Brito de Alencar Neto

Universidade Federal do Ceará, Brasil

Moisés de Souza Mendonça

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

Pedro Afonso Cortez

Universidade Metodista de São Paulo, Brasil

Iara Margolis Ribeiro

Universidade do Minho, Brasil

Julianno Pizzano Ayoub

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

Vitor Afonso Hoeflich

Universidade Federal do Paraná, Brasil

Bianca Anacleto Araújo de Sousa

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

Bianca Cerqueira Martins

Universidade Federal do Acre, Brasil

Daniela Remião de Macedo

Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa, Portugal

Dioniso de Souza Sampaio

Universidade Federal do Pará, Brasil

Rosemary Laís Galati

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Maria Fernanda Soares Queiroz

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Leonardo Augusto Couto Finelli

Universidade Estadual de Montes Claros, Brasil

Thais Ranielle Souza de Oliveira

Centro Universitário Euroamericano, Brasil

Alessandra de Souza Martins

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil

Claudiomir da Silva Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Brasil

Fabício dos Santos Ritá

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Brasil

Danielly de Sousa Nóbrega

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, Brasil

Livia Fernandes dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre, Brasil

Liege Coutinho Goulart Dornellas

Universidade Presidente Antônio Carlos, Brasil

Ticiano Azevedo Bastos

Secretaria de Estado da Educação de MG, Brasil



Walmir Fernandes Pereira
Miami University of Science and Technology, Estados Unidos da América

Jónata Ferreira De Moura
Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Camila de Moura Vogt
Universidade Federal do Pará, Brasil

José Martins Juliano Eustaquio
Universidade de Uberaba, Brasil

Adriana Leite de Andrade
Universidade Católica de Petrópolis, Brasil

Francisco Carlos Alberto Fonteles Holanda
Universidade Federal do Pará, Brasil

Bruna Almeida da Silva
Universidade do Estado do Pará, Brasil

Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco
Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Brasil

Ronei Aparecido Barbosa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Brasil

Julio Onésio Ferreira Melo
Universidade Federal de São João Del Rei, Brasil

Juliano José Corbi
Universidade de São Paulo, Brasil

Thadeu Borges Souza Santos
Universidade do Estado da Bahia, Brasil

Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho
Universidade Federal do Cariri, Brasil

Francine Náthalie Ferraresi Rodriguess Queluz
Universidade São Francisco, Brasil

Maria Luzete Costa Cavalcante
Universidade Federal do Ceará, Brasil

Luciane Martins de Oliveira Matos
Faculdade do Ensino Superior de Linhares, Brasil

Rosenery Pimentel Nascimento
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Irlane Maia de Oliveira
Universidade Federal do Amazonas, Brasil

Lívia Silveira Duarte Aquino
Universidade Federal do Cariri, Brasil

Xaene Maria Fernandes Mendonça
Universidade Federal do Pará, Brasil

Thaís de Oliveira Carvalho Granado Santos
Universidade Federal do Pará, Brasil

Fábio Ferreira de Carvalho Junior
Fundação Getúlio Vargas, Brasil

Anderson Nunes Lopes
Universidade Luterana do Brasil, Brasil

Carlos Alberto da Silva
Universidade Federal do Ceara, Brasil

Keila de Souza Silva
Universidade Estadual de Maringá, Brasil

Francisco das Chagas Alves do Nascimento
Universidade Federal do Pará, Brasil

Réia Sílvia Lemos da Costa e Silva Gomes
Universidade Federal do Pará, Brasil

Arinaldo Pereira Silva
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Brasil

Laís Conceição Tavares
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

Ana Maria Aguiar Frias
Universidade de Évora, Brasil

Willian Douglas Guilherme
Universidade Federal do Tocantins, Brasil

Evaldo Martins da Silva
Universidade Federal do Pará, Brasil

Biano Alves de Melo Neto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Brasil

Antônio Bernardo Mendes de Seica da Providência Santarém
Universidade do Minho, Portugal

Valdemir Pereira de Sousa
Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Sheylla Susan Moreira da Silva de Almeida
Universidade Federal do Amapá, Brasil

Miriam Aparecida Rosa
Instituto Federal do Sul de Minas, Brasil

Rayme Tiago Rodrigues Costa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil



Priscyla Lima de Andrade

Centro Universitário UniFBV, Brasil

Andre Muniz Afonso

Universidade Federal do Paraná, Brasil

Marcel Ricardo Nogueira de Oliveira

Universidade Estadual do Centro Oeste, Brasil

Gabriel Jesus Alves de Melo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Brasil

Deise Keller Cavalcante

Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro

Larissa Carvalho de Sousa

Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal

Susimeire Vivien Rosotti de Andrade

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

Daniel dos Reis Pedrosa

Instituto Federal de Minas Gerais, Brasil

Wiaslan Figueiredo Martins

Instituto Federal Goiano, Brasil

Lênio José Guerreiro de Faria

Universidade Federal do Pará, Brasil

Tamara Rocha dos Santos

Universidade Federal de Goiás, Brasil

Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Gustavo Soares de Souza

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Brasil

Adriana Cristina Bordignon

Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Norma Suely Evangelista-Barreto

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil

Larry Oscar Chañi Paucar

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Peru

Pedro Andrés Chira Oliva

Universidade Federal do Pará, Brasil

Daniel Augusto da Silva

Fundação Educacional do Município de Assis, Brasil

Aleteia Hummes Thaines

Faculdades Integradas de Taquara, Brasil

Elisangela Lima Andrade

Universidade Federal do Pará, Brasil

Reinaldo Pacheco Santos

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil

Cláudia Catarina Agostinho

Hospital Lusíadas Lisboa, Portugal

Carla Cristina Bauermann Brasil

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

Humberto Costa

Universidade Federal do Paraná, Brasil

Ana Paula Felipe Ferreira da Silva

Universidade Potiguar, Brasil

Ernane José Xavier Costa

Universidade de São Paulo, Brasil

Fabricia Zanelato Bertolde

Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil

Eliomar Viana Amorim

Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil



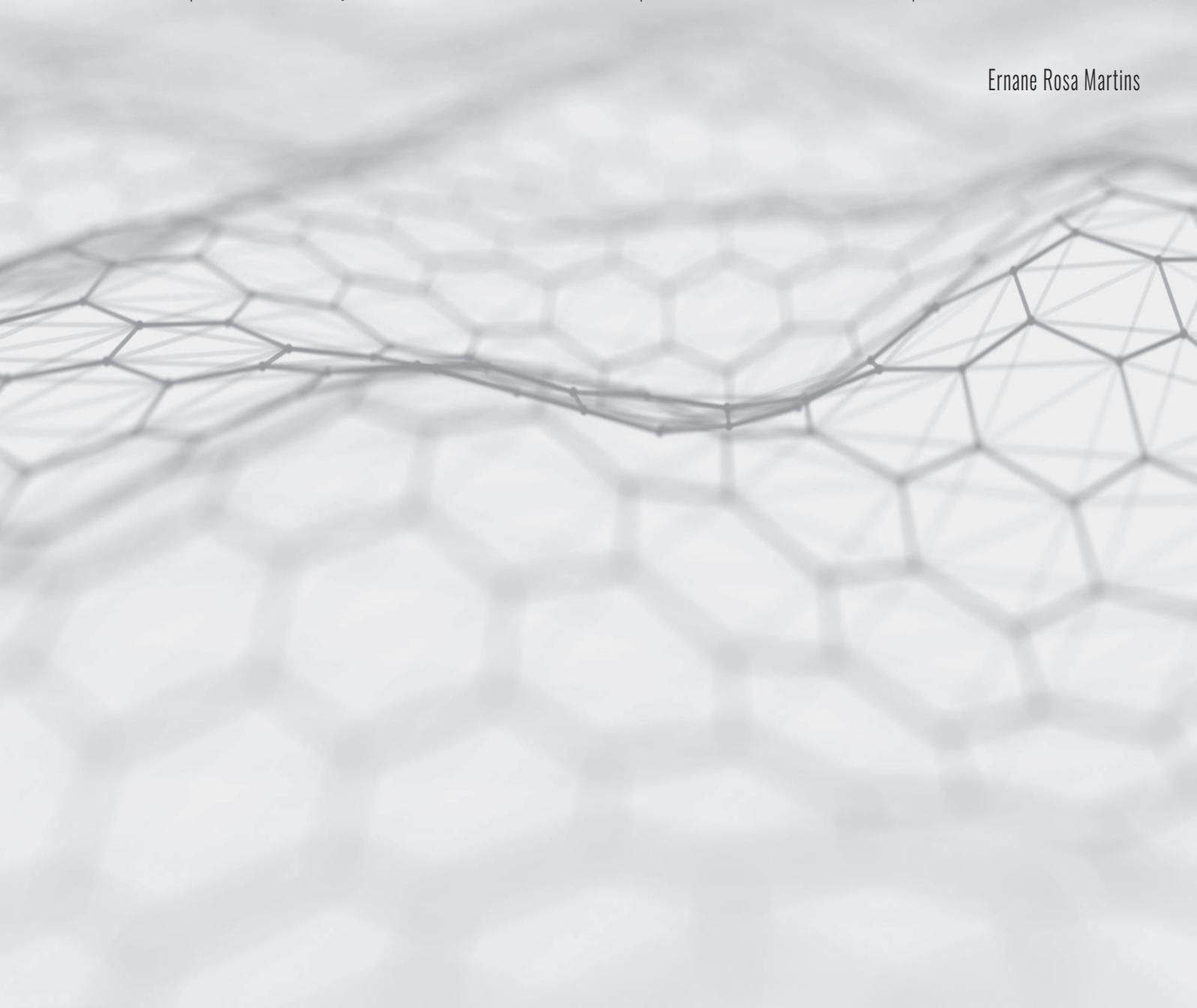
APRESENTAÇÃO

A Engenharia de Produção é uma área que segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção tem como competência o projeto, a implantação, a operação, a melhoria e a manutenção dos sistemas produtivos em geral, especificando, prevendo e avaliando os resultados.

Esta obra constitui-se em uma coletânea que integra diversos trabalhos de pesquisa relevantes que se destacaram por suas discussões dentro desta importante área de estudo por pesquisadores de diferentes Instituições de Educação Superior públicas e privadas de abrangência nacional e internacional. Que poderão servir como uma relevante fonte de pesquisa a ser utilizada no embasamento de novos projetos de pesquisa, ideias ou trabalhos finais.

Por fim, agradecemos aos autores pelas suas contribuições, empenho, disponibilidade e dedicação na construção desta importante obra. Desejamos a todos os leitores, estudantes, professores e demais interessados pela temática, muito sucesso.

Ernane Rosa Martins



SUMÁRIO

CAPÍTULO 01

A ENGENHARIA DE PRODUÇÃO NA GESTÃO DE PESSOAS: O USO DA PSICOLOGIA ORGANIZACIONAL EM BENEFÍCIO ECONÔMICO-SOCIAL

Fernando Andrade Silva; Lucélia Aparecida Moura; Rafael dos Santos Moraes; Ronaldo Araújo Borges; Luiz Fernando Quintino; Wagner Costa Botelho

doi 10.37885/210805843 13

CAPÍTULO 02

A SIMBIOSE INDUSTRIAL COMO MEIO DE ECONOMIA SUSTENTÁVEL NA INDÚSTRIA CERVEJEIRA: ESTUDO DE CASO

Giovani Sabadin Bazan; Eugenio R. **Leone** Neto; Fábio de Oliveira Gomes; Irene Rodrigues Freitas

doi 10.37885/210906004 30

CAPÍTULO 03

ADSORÇÃO DO AZUL DE METILENO UTILIZANDO CASCA DE ARROZ

Marcelo Bacci da Silva; João Henrique Pain dos Santos

doi 10.37885/210805754 40

CAPÍTULO 04

ASPECTOS E COMPORTAMENTOS ERGONÔMICOS NO TELETRABALHO

Matheus de Oliveira; Sandro Keine

doi 10.37885/210805832 60

CAPÍTULO 05

AVALIAÇÃO DE VARIÁVEIS DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NAS EMPRESAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO LISTADAS NA BM&FBOVESPA

Carlos Alberto Di Agustini; Biagio Fernando Giannetti

doi 10.37885/210805607 84

CAPÍTULO 06

BALANCEAMENTO DE UMA LINHA DE MONTAGEM DE PRODUTOS ELETRÔNICOS CONSIDERANDO ESTAÇÕES EM PARALELO

Carlos Ernani Fries; Maysa Amorim Laurentino; Raymundo Furukawa; Edson Pacheco Paladini

doi 10.37885/210705394 109

SUMÁRIO

CAPÍTULO 07

CHARACTERIZATION OF THE MANDIBLE *ATTA LAEVIGATA* AND THE BIOINSPIRATION FOR THE DEVELOPMENT OF A BIOMIMETIC SURGICAL CLAMP

Thays Obando Brito; Amal Elzubair; Leonardo Sales Araújo; Sérgio Álvaro de Souza Camargo Júnior ; Jorge Luiz Pereira de Souza; Luiz Henrique de Almeida

doi 10.37885/210805803..... 121

CAPÍTULO 08

CONDIÇÕES DE SEGURANÇA NO TRABALHO EM UMA OBRA DE RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Victoria Juliana Almeida Ferreira; Fabrícia Nascimento de Oliveira

doi 10.37885/210805911..... 137

CAPÍTULO 09

DEFINITION OF SCOPE IN NEW PRODUCT DEVELOPMENT PROJECTS FOR THE FOOD INDUSTRY: A PROPOSED METHOD

Noelise Martins Manfio; Daniel Pacheco Lacerda

doi 10.37885/210805899..... 151

CAPÍTULO 10

(ESTRUTURA PRODUTIVA DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO MINEIRO: UMA ANÁLISE PELO MÉTODO DIFERENCIAL-ESTRUTURAL). CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO PARA A GESTÃO DE OPERAÇÕES ENERGÉTICAS SUSTENTÁVEIS

Helen Patrícia Pádua Belisário; Francisca Diana Ferreira Viana

doi 10.37885/210705454 179

CAPÍTULO 11

MODELO PEDAGÓGICO ML-SAI NO ENSINO REMOTO EMERGENCIAL EM UM CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19

Ernane Rosa Martins; Luís Manuel Borges Gouveia

doi 10.37885/210906026..... 197

SUMÁRIO

CAPÍTULO 12

MONITORAMENTO E CONTROLE DE TEMPERATURA DE AR CONDICIONADO UTILIZANDO MICROCONTROLADORES ARDUINO – UM ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG)

Camila Cumani Pavezzi; Amanda Falcão Alcântara

doi 10.37885/210805957206

CAPÍTULO 13

O USO DA ROTEIRIZAÇÃO NA BUSCA PELA EFICIÊNCIA LOGÍSTICA NA DISTRIBUIÇÃO DE COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS

Carlos Aurélio Valeretto; Rafaella Loschi Grant

doi 10.37885/210805704217

CAPÍTULO 14

PERCEPÇÕES DOS ESTUDANTES SOBRE ATIVIDADES REMOTAS EMERGENCIAIS OFERTADAS EM TEMPOS DE PANDEMIA DE CORONA VÍRUS EM UM CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ernane Rosa Martins; Luís Manuel Borges Gouveia

doi 10.37885/210906027235

SOBRE O ORGANIZADOR.....244

ÍNDICE REMISSIVO245

A Engenharia de Produção na gestão de pessoas: o uso da Psicologia organizacional em benefício econômico-social

| **Fernando Andrade Silva**

UniDrumond

| **Lucélia Aparecida Moura**

UniDrumond

| **Rafael dos Santos Moraes**

UniDrumond

| **Ronaldo Araújo Borges**

UniDrumond

| **Luiz Fernando Quintino**

| **Wagner Costa Botelho**

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo, baseado em fundamentos teóricos, abordar a importância da gestão de pessoas nas organizações, enfatizando a psicologia organizacional e sua aplicação, já que a mesma estuda o comportamento humano e suas necessidades e como isso afeta e interfere de modo econômico social. Será demonstrado o estudo de caso de uma empresa de Fertilizantes, demonstrando que a empresa obteve bons resultados após investir em seus colaboradores. Ao decorrer do artigo, será abordado sobre como esse gerenciamento contribui para que as organizações alcancem seus objetivos, já que as mesmas dependem de pessoas para existirem e concluírem suas atividades. Existem alguns desafios quanto a gestão de pessoas que devem ser considerados, pois muitos dos conceitos acabam não passando de teoria e pouco se vê na prática, por conta de uma série de fatores, principalmente o fator humano. As necessidades humanas, apesar de algumas teorias, são subjetivas e isso torna um desafio para qualquer empresa ou líder que queira motivar pessoas, pois o que pode ser interessante para uma pessoa em dado momento pode não ser mais depois. Além do grande desafio de saber liderar e motivar pessoas, as empresas precisam se atentarem ao lucro, visando a sustentabilidade do negócio.

Palavras-chave: Gestão de Pessoas, Psicologia Organizacional, Econômico Social, Necessidades Humanas.



■ INTRODUÇÃO

Atualmente as empresas buscam cada vez mais investir na melhoria contínua de processos, produtos com melhor qualidade, serviços inovadores, novas tecnologias, equipamentos e métodos, porém, antes de tudo, as organizações devem investir na motivação de pessoas e observá-los, buscando identificar os fatores que aumentam seu entusiasmo em relação ao ambiente. Existe um problema de saúde pública que vem aumentando os casos de vítimas nos últimos anos, o suicídio.

O suicídio, pelos números oficiais disponibilizados pelo órgão que controla esse estudo – Centro de Valorização da Vida (CVV) – informa que são 32 brasileiros mortos por dia, taxa superior às vítimas da AIDS e da maioria dos tipos de câncer. Tem sido um mal silencioso, pois as pessoas fogem do assunto e, por medo ou desconhecimento, não veem os sinais de que uma pessoa próxima está com ideias suicidas (CVV, 2017).

Um problema de saúde pública interfere em todos os aspectos e camadas da sociedade, desta forma, este artigo é destinado ao gerenciamento de pessoas dentro das empresas, demonstrando como o gerenciamento de pessoas é vital para alcançar os objetivos que a organização possui, uma vez que as empresas dependem de pessoas para existir.

Segundo Banov (2009), de nada adianta as empresas buscarem aperfeiçoar suas tecnologias e otimizar processos se não melhorar o gerenciamento das pessoas e, sobretudo, investir nelas.

Empresas que investem na motivação de pessoas, além de colaborar com a prevenção de doenças, melhoram a qualidade de vida do colaborador e aumentam seus resultados.

De acordo com Gil (2007), um gestor de pessoas acaba sendo um Administrador de Recursos Humanos, pois o mesmo fica encarregado de desenvolver e monitorar os funcionários. Porém, para que seja possível executar seu papel de forma efetiva, o gestor precisa, primeiramente, considerar o fato de que os empregados são pessoas e, portanto, possuem necessidades.

Para manter seus funcionários produzindo, os gestores e as empresas precisam usar diversos recursos, como: shows, palestras, apresentações de teatro, exercícios de alongamento, aulas de artes marciais, sessões de massagem e outras atividades interativas. O efeito é a longo prazo e estas iniciativas melhoram o relacionamento entre empresa e funcionários.

Um caso conhecido é sobre a empresa IBM implantou um sistema com o objetivo de colaborar e motivar a qualidade de vida de seus colaboradores. A empresa desenvolveu alguns programas diferenciados para atender a todos os colaboradores, entre um dos programas o ‘Star Bem’, do qual são oferecidos aos colaboradores uma série de atividades de massagem, para relaxamento, conversas com nutricionistas e pela parte da manhã aulas de





ginástica. Todas estas atividades têm como objetivo proporcionar uma melhoria na qualidade de vida dos funcionários.

Chiavenato (2011), diz que um programa de motivação só funciona de maneira adequada, se levar em conta alguns aspectos que estão relacionados ao trabalho: como o que fazer; como fazer; e o que receber. Seria transformar a rotina normal em trabalho em grupo, reconhecendo a equipe e enaltecendo a gerência.

De acordo com Paschoal (2006), ninguém consegue se transformar em outra pessoa ao ingressar no ambiente de trabalho, deixando do lado de fora da empresa as questões pessoais. Uma vez assumida essa realidade, mostra-se como lógica admitir a mistura trabalho-vida e, mais importante, dispor-se a ajudar para que essa mistura se dê da melhor maneira possível.

Pode-se notar que é indispensável para as empresas a responsabilidade de investir na gestão de pessoas para se obter melhores resultados e, ainda, colaborar para saúde física e mental dos seus colaboradores.

No decorrer do artigo, serão apresentados os dados e fundamentos que reforçam e comprovam estes fatos.

■ A PSICOLOGIA

De acordo com a Banov (2009), a psicologia tem servido ao ser humano como instrumento de estudo desde que se tem conhecimento da existência do ser na terra. O próprio termo psicologia é formado pelas palavras gregas: *psique*, que significa alma e *logos*, que significa estudo ou conhecimento. Portanto, enquanto origem, a palavra traduzida literalmente significa o estudo da alma.

Segundo Banov (2009), embora alguns autores apontem diversos objetos de estudo para a Psicologia, como consciência, personalidade, inconsciente, entre outros, todos, sem exceção, se expressam no comportamento. Não é possível dissociar a pessoa do comportamento. O que a Psicologia busca compreender é por que uma pessoa se comporta de uma maneira e não de outra.

A Psicologia Organizacional

Conforme descrito por Banov (2009), a área da Psicologia que se aplica ao gerenciamento de pessoas é a Psicologia Organizacional, que tem por objetivo a utilização dos princípios científicos do comportamento humano nas organizações.





Toda e qualquer organização é composta por pessoas. São as pessoas que realizam as atividades que movimentam o negócio, ou seja, são as pessoas que fazem as coisas acontecerem nas organizações.

Os Benefícios da Aplicação da Psicologia Organizacional

De acordo com Fidelis e Banov (2013), a psicologia organizacional é muito mais do que o uso de testes psicológicos para a recrutamento de pessoas, diferentemente do que algumas pessoas acabam acreditando. A psicologia organizacional é responsável por desempenhar diversas funções, como por exemplo, buscar conhecer mais e melhor sobre algumas pessoas quando observado o comportamento das mesmas no local de trabalho. Também tem como função orientar pessoas em algumas tomadas de decisões que estão relacionadas a gestão de recursos humanos.

A psicologia organizacional exerce atividades e processos voltados para valorização do profissional, criando um ambiente de trabalho confortável para o colaborador possa desempenhar bem suas atividades e assim alcançar as metas estipuladas, o que gera um aumento de produtividade, onde a organização passa a ter um diferencial competitivo diante dos seus concorrentes.

Segundo Fidelis e Banov (2013), a psicologia organizacional impulsiona a primazia operacional em todas as áreas da organização, acompanhando os funcionários, oferecendo treinamentos e diagnosticando a empresa e seus setores.

A psicologia organizacional também providencia ferramentas singulares para recrutamento de pessoas e oferecer orientação psicológica quando necessário.

De acordo com Fidelis e Banov (2013), a psicologia organizacional colabora na formação de líderes, com a solução de problemas no ambiente de trabalho, aumenta a produtividade e reduz o *turnover*.

■ ESTUDO DE CASO

Através das informações prestadas pelo site da empresa Ação Reação Marketing, empresa especializada em consultoria empresarial, pôde-se notar os benefícios da aplicação da Gestão de Pessoas com o uso da Psicologia Organizacional quando analisado o estudo de caso da Fertilizantes Fosfatados S.A. - FOSFERTIL, empresa de fertilizante.

De acordo com a Ação Reação Marketing (2011), a Fosfertil foi constituída em 1977 para dar continuidade a um projeto iniciado em 1974 pela estatal CPRM. Visando a substituição da importação de fertilizantes fosfatados. Em 1980 a empresa incorporou Valefétil,





um complexo químico de fertilizantes localizado em Uberaba (MG), e Valep, uma mineradora de fosfato em Tapira (MG), tornando-se uma empresa integrada verticalmente.

Já como líder no fornecimento de matérias primas para o setor de fertilizantes fosfatados na América Latina, a Fosfertil foi privatizada em agosto de 1992. O controle foi adquirido por Fertifós que reúne um grupo de empresas de fertilizantes, com a Vale do Rio Doce retendo uma participação independente.

Em seguida, a Fosfertil fez duas aquisições em leilões de privatização, adquirindo Goiásfertil em 1992 e Ultrafertil em 1993. Enquanto Goiásfertil explorava uma mina de rocha fosfática em Catalão (GO), Ultrafertil era uma das maiores produtoras de fertilizantes nitrogenados do país. Em 1995 a Goiásfertil incorporou os ativos, e adotou o nome, da Ultrafertil. Hoje a Fosfertil e Ultrafertil operam de forma integrada.

Em 2011 a empresa investiu na contratação de um administrador de empresa especializado em Recursos Humanos e Desenvolvimento Humano, conferencista, diretor de Recursos Humanos da Brasil Consultoria e do Instituto Marcelo de Almeida Desenvolvimento Humano e Qualidade de Vida, que inclusive, este instituto foi fundado pelo mesmo, por isso carrega seu nome. Com objetivo de motivar todos os funcionários da empresa e suas famílias nos quesitos saúde e relacionamento profissional e pessoal.

Almeida (2011), comenta que, instruir os funcionários sobre como alcançar melhor qualidade de vida agrega muitos benefícios às empresas. Os mesmos têm percepção que a empresa tem preocupação com seu bem estar, o que aumenta sua produtividade; há uma diminuição de custos com relação às doenças de trabalho; o relacionamento interpessoal melhora dentro da empresa, facilitando processos; os funcionários se sentem estimulados a buscar, em seguida, há uma tendência de melhor aperfeiçoamento profissional, o que acaba convergindo para uma melhoria formação profissional através do grupo, e conseqüentemente, reduz o *turnover*.

De acordo com Almeida (2011), *turnover* representa à organização uma saída de talentos e gastos com demissões e novos processos de contratação.

Fica evidente que a psicologia organizacional exerce uma função muito importante no desenvolvimento das pessoas, envolvendo todos os setores da empresa. Após a empresa investir na qualidade de vida de seus colaboradores, fica fácil notar a grande diferença no comportamento das pessoas e, conseqüentemente, dos resultados alcançados por elas que, diretamente, refletem nos ganhos da empresa.

■ GESTÃO DE PESSOAS

As empresas têm percebido a grande importância das pessoas para os negócios, tão logo o aumento do interesse em investir no capital intelectual, uma vez que se tem o





entendimento que sem as pessoas não há serviço ou produto no mercado, ou seja, não existirão mais empresas.

Então se faz necessário saber como investir nas pessoas de modo com que as mesmas possam se sentir estimuladas a desempenhar suas atividades de uma melhor forma. Para isso, as empresas que já notaram esse fator, estão cada vez mais investindo em aprimorar setores e cargos de liderança como Recursos Humanos e de Gestão de Pessoas.

Para Chiavenato (2008) a Gestão de Pessoas corresponde à mentalidade predominante nas organizações que se contextualizam de acordo com uma cultura e um método organizacional, além de depender das características do contexto ambiental, dos negócios desenvolvidos na instituição, da tecnologia e dos processos internos utilizados e, também, do estilo de gestão que se empreende.

■ O DESAFIO DA MOTIVAÇÃO

De acordo com Paschoal (2006), durante muito tempo os empresários, diretores ou gestores acreditaram que a simples necessidade do emprego seria suficiente para “motivar” as pessoas e que ainda hoje tem gente que pensa assim.

Segundo Paschoal (2006), a motivação é tarefa de um dirigente, que deve encorajar, inspirar e unir pessoas para execução das atividades ou metas. É muito difícil para um líder desempenhar esta habilidade. A motivação surge do interior de cada indivíduo e cada um consegue aquilo que almeja conseguir. Ao motivar, o dirigente cria as condições que impelem as pessoas a efetuarem seu trabalho com entusiasmo e dedicação.

Pode-se entender que é tarefa do líder criar as condições que ajudarão as pessoas da equipe a encontrar satisfação em seu próprio trabalho.

É notório que a motivação é o grande fator desafiador no que se diz respeito a gerir pessoas. Constantemente os líderes e dirigentes buscam encontrar fórmulas que possam motivar sua equipe. Porém, o que Wood Jr (2002) deixa claro é que o ponto inicial para chegar nesse objetivo é buscar compreender o sentido que as pessoas dão para o que costumam fazer como atividade.

Entende-se que, logo, não se tem uma simples fórmula para motivar uma ou mais pessoas, pois os sentidos que as pessoas atribuirão para suas atividades são particulares, ou seja, cada pessoa terá a sua ‘fórmula’ para ser estimulada a alcançar determinados objetivos.

Segundo Paschoal (2006), conhecer formas de motivar as pessoas é uma das grandes competências de todo líder.





Motivação: o que é, importância e como ocorre

De acordo com Gil (2007), a motivação é o que estimula uma pessoa a agir. E o estímulo surge de uma necessidade não satisfeita. Essas necessidades são inerentes às pessoas. No entanto, os gestores não podem criar as necessidades nas pessoas, ou seja, não podem motivar as pessoas, mas sim satisfazê-las.

Segundo Gil (2007), o mundo, em termos de negócio, está cada vez mais competitivo, gerando a necessidade de as pessoas estarem altamente motivadas. Para uma empresa, o principal combustível para produtividade é a motivação.

Conforme descrito por Gil (2007), cada vez mais as empresas valorizam as pessoas. Os colaboradores mais comprometidos acabam sendo escolhidos para participar das resoluções. E existe uma tendência de que os colaboradores mais envolvidos são os colaboradores que as empresas mais investem. É muito mais recorrente para as empresas encontrarem pessoas competentes do que comprometidas. Por conta disso, uma das tarefas que tem se tornado a mais importante para os gestores é a de identificar condições que promovem a motivação.

De acordo com Gil (2007), a motivação ocorre quando existe um desejo de algo. E esse desejo é registrado pela pessoa, muitas vezes até pelo subconsciente, conforme analogia do *iceberg* apresentada por Freud. Depois de assimilar a necessidade ou desejo, a pessoa se guia pelo comportamento em direção da satisfação ou prazer. Se houver o registro de uma necessidade mais relevante que a primeira necessidade registrada, então a de nível maior será prioridade.

As Necessidades Humanas

Ao abordar o tema sobre os desafios da motivação, deve-se conceituar sobre a teoria das necessidades, de Abraham H. Maslow. Psicólogo norte-americano, notório por seus estudos sobre motivação humana. Maslow buscava compreender o que tirava as pessoas do estado inerte e as levava a fazer alguma coisa.

Maslow contribuiu muito para o desenvolvimento e avanço dos estudos relacionados ao comportamento e necessidades humanas. Seu trabalho é utilizado por muitas instituições de ensino como referência quando se trata de gerenciamento de pessoas e, também, de administração de empresas.

Segundo Banov (2009), Maslow chegou à conclusão de que o ser humano é portador de várias necessidades e essas aparecem organizadas em prioridades e hierarquia.

Maslow desenvolveu uma teoria, idealizando uma pirâmide que representasse as necessidades em sequência, apontando uma caminhada em direção ao topo e, ao mesmo





tempo, mostrando no tamanho da área de cada necessidade a importância e a dificuldade de se alcançar o ápice da pirâmide.

As necessidades, segundo Maslow, aparecerão na seguinte ordem:

Figura 1. Escala das Necessidades de Maslow.



Fonte: Chiavenato (1994).

Necessidades Fisiológicas

De acordo com Chiavenato (1994), as necessidades fisiológicas são as necessidades mais básicas e que são de nível mais baixo de todas as outras necessidades humanas, como por exemplo, as necessidades de dormir, de se alimentar, de se relacionar sexualmente, ou de possuir um abrigo.

Segundo Chiavenato (1994), as necessidades fisiológicas podem ser definidas como biológicas ou básicas e essas necessidades tem por característica de serem cíclicas e incessantes, ou seja, precisam constantemente serem saciadas para garantir a subsistência de cada um. Desde o momento do nascimento, essas necessidades norteiam a vida.

Se, por acaso, todas as necessidades humanas ficarem insatisfeitas, o primeiro reflexo ou ação será a busca pela satisfação das necessidades fisiológicas, com o objetivo de saciar as necessidades que o organismo humano produz.

Necessidade de Segurança

Segundo Chiavenato (1994), as necessidades de segurança representam o segundo nível das necessidades humanas. Essas necessidades fazem com que pessoas busquem se proteger de qualquer ameaça.





De acordo com Chiavenato (1994), as necessidades de segurança são decorrentes das necessidades fisiológicas quando as mesmas estão, de certo modo, satisfeitas. Assim como as necessidades fisiológicas, essas também estão estreitamente ligadas à sobrevivência da pessoa.

De acordo com Banov (2009), as necessidades humanas são divididas em duas ordens. Sendo os dois primeiros níveis a primeira ordem e os demais níveis de segunda ordem. Classificando como necessidades primárias e secundárias.

Necessidades Sociais

O terceiro nível das necessidades humanas e o primeiro nível das necessidades de segunda ordem, é o nível das necessidades sociais, e Chiavenato (1994) define que são as necessidades de se reunir, de participar, de ser aceito por um grupo, de amizade e de amor.

Segundo Chiavenato (1994), essas necessidades surgem quando as necessidades anteriores, ou seja, de nível mais baixo, se encontram parcial ou totalmente saciadas.

Necessidades de Estima

Segundo Chiavenato (1994), essas são as necessidades que compõe o quarto nível das necessidades humanas e o segundo nível da segunda ordem. Esta necessidade está diretamente relacionada com a auto avaliação, ou autoestima. Circunda a necessidade de se auto apreciar, de ser reconhecido, de consideração, da autoconfiança, a necessidade de ser aprovado por um grupo, relacionado com a questão de status. Ao saciar essas necessidades orientam os sentimentos de poder, de se sentir útil, de valor, autoconfiança, força.

De acordo com Chiavenato (1994), uma frustração pode gerar ou criar sentimentos que afetam as pessoas de maneira negativa. Gerando alguns sentimentos como, de fraqueza, de insegurança, levando a pessoa se sentir desamparada e dependente.

Necessidades de Auto Realização

De acordo com Chiavenato (1994), estas são as necessidades de maior nível. São as necessidades de auto realização, essas são de nível superior, preenchendo o topo da hierarquia. São as necessidades que exerce estímulo único e subjetivo para cada pessoa, e assim as pessoas que desfruta dessa necessidade de se realizar acaba alcançando potencial máximo.

Segundo Chiavenato (1994) essa propensão se manifesta através do ímpeto da pessoa em se tornar melhor do que ela já é, e de passar a ser tudo o que desejar ser. A plena

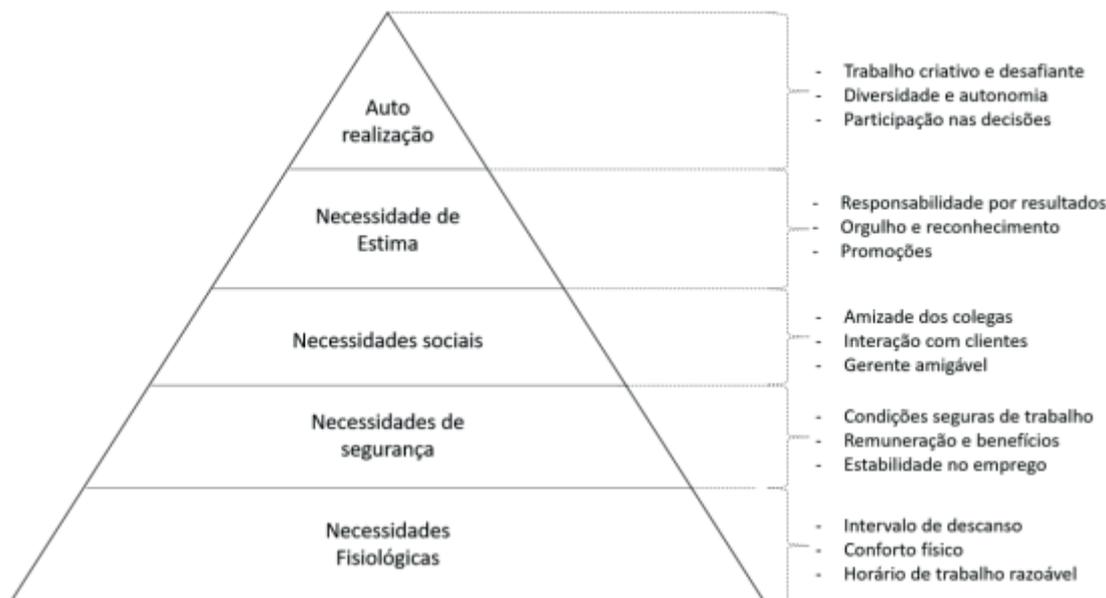




realização de algo que a pessoa possui como potencial está relacionada as necessidades de auto realização.

Exemplo de Como Satisfazer as Necessidades Humanas no Ambiente de Trabalho Chiavenato (1994) resumiu as necessidades humanas de uma maneira diferente e mais objetiva, de ponto organizacional, pois o resumo está voltado para o ambiente de trabalho. Conforme exemplo abaixo:

Figura 2. Exemplo de Como Satisfazer as Necessidades Humanas no Ambiente de Trabalho.



Fonte: Chiavenato (1994).

Ciclo Motivacional

Existe uma outra questão importante no que diz respeito a motivação de pessoas, que é o Ciclo Motivacional. Este ciclo é explicado pelo Chiavenato (1994) onde o mesmo afirma que a motivação ocorre de maneira cíclica e repetitiva. Esse ciclo é constituído por fases e essas fases pode se alternar e se repetir.

Segundo Chiavenato (1994) existe um estado de equilíbrio dinâmico e que todo organismo humano tende a buscar por esse equilíbrio. A necessidade surge quando ocorre um desequilíbrio. A tensão passa assumir o controle e o equilíbrio se faz perdido, deixando o organismo em um estado insatisfeito até que seja saciado tal necessidade, gerando a satisfação ou prazer.

De acordo com Chiavenato (1994), toda e qualquer tensão acaba gerando um desconforto, sofrimento e ansiedade, o que provoca um gasto dispendioso de energia física e mental. O equilíbrio se dá por restaurado quando a satisfação da necessidade acontece, voltando ao estado de equilíbrio dinâmico anterior.

Conforme figura abaixo:



Figura 3. Ciclo Motivacional.



Fonte: Chiavenato (1994).

Pode-se notar que o conhecimento do mecanismo de ação das necessidades humanas é fundamental para condução das pessoas e equipes de trabalho. O gerenciamento de pessoas precisa levar em conta todos os aspectos relacionados com a motivação humana. Faz-se necessário que as organizações tenham líderes que lideram com excelência.

■ REFLEXOS DA MOTIVAÇÃO: PRODUTIVIDADE

De acordo com Carvalho (2011), o termo “produtividade” é compreendida como melhoria do rendimento do trabalho. Tal rendimento contorna diversos de fatores, como uso de novas tecnologias, quantidade de recursos para produção, qualidade, capacitação dos profissionais, ergonomia etc.

Entretanto, em relação a todas essas questões citadas anteriormente, uma delas se destaca sobremodo as outras por conta da sua relevância: o nível de motivação com que os funcionários produzem.

Segundo Carvalho (2011), é para essas questões pessoais que é chamado de “produtividade no trabalho”, e a mesma depende relativamente de cada indivíduo e do nível de motivação que cada pessoa se encontra.

Do que adiantaria disponibilizar muitas condições e recursos necessários para a produzir algum material ou serviço se não houver uma real vontade das pessoas que participam no processo produtivo da empresa.

Carvalho (2011) afirma que “a produtividade só pode, então, ser aumentada mediante uma mudança interna na mente de todos aqueles que participam do processo de produção de bens e de serviços”.

Fatores que aumentam a produtividade do trabalho

De acordo com Carvalho (2011), existem alguns fatores que aumentam a produtividade, dentre eles temos:

- Quantidade e qualidade dos recursos materiais disponíveis: máquinas, equipamentos, ferramentas, matérias-primas etc;

- Qualidade da mão de obra empregada: treinamento adequado e atualizado, experiência, grau de instrução etc;
- Organização racional do trabalho: distribuição correta das tarefas, definição clara das responsabilidades, mobilidade estrutural etc;
- Nível de motivação do empregado: salário, prêmios, ambiente adequado de trabalho, oportunidade de lazer e de carreira, valorização do trabalho executado, supervisão eficaz etc. (CARVALHO. 2011, p.170).

Nota-se pela descrição de Carvalho (2011) que a produtividade e o sucesso do profissional não dependem unicamente de uma metodologia da empresa, ou de qualquer outra variável, mas sim de todo o conjunto que se relacionam e acabam criando a atmosfera favorável para gerar o aumento de produtividade.

Fatores que afetam a produtividade

A produtividade do trabalho é um fator decisivo para determinar o sucesso ou fracasso de uma empresa. De acordo com Carvalho (2011), o aumento de produtividade pode ser alcançado por um conjunto de fatores, já a baixa produtividade pode ocorrer por apenas um fator. Dentre alguns deles:

- Não gozar de boa saúde;
- Sentir-se deprimido e preocupado por problemas que está enfrentando fora da empresa;
- Estar carente de satisfação de algumas de suas necessidades vitais;
- Não gostar de seu trabalho;
- Sentir-se molestado pelo tratamento que recebe dos colegas que com ele têm contato na organização;
- Considerar que suas tarefas não são bem remuneradas;
- Não gostar do ambiente onde trabalha;
- Sentir dificuldades no relacionamento com algum colega de trabalho;
- Não considerar que seu trabalho seja realmente útil. (CARVALHO. 2011, p. 169).

Deste modo, percebe-se a relevância de uma boa gestão de pessoas para identificar no colaborador um ou mais desses fatores que podem causar uma baixa produtividade, podendo, de primeiro momento ou não, afetar uma empresa.

■ O DESAFIO DA LIDERANÇA

De acordo Chiavenato (1994), os gerentes são responsáveis diretos pela sobrevivência e pelo sucesso da organização. A excelência empresarial está profundamente relacionada com a excelência gerencial.

Para que as pessoas possam ser motivadas de forma pessoal como profissional, elas precisam de uma liderança. Segundo Chiavenato (1994) para que as pessoas possam



trabalhar satisfatoriamente em equipe elas precisam de liderança. A liderança constitui uma necessidade típica do trabalho em equipe.

De acordo com Chiavenato (1994) para fazer a equipe funcionar e produzir resultados, o gerente precisa desempenhar muitas funções ativadoras. Dentre estas funções, sobressai a liderança. O gerente deve saber como conduzir as pessoas, isto é, como liderar as pessoas e administrar as diferenças entre elas.

Paschoal (2006) descreve algumas habilidades que um líder precisa ter para desempenhar seu ofício, tais como:

Motivar, comunicar-se eficazmente, tomar decisões acertadas, ter disciplina, iniciativa, objetivos claros, autoconfiança, espírito de sacrifício, senso de justiça, dignidade coragem. Requer, sobretudo, a capacidade de compreender a natureza humana e o comportamento predominante nas pessoas. Tomar iniciativas é uma das características mais fortes do líder, mas ele não deve fazer as coisas que cabem aos liderados fazer. Se tomar o lugar dos liderados, não estará praticando o princípio do esforço organizado. A essência da liderança está em levar as pessoas a realizarem coisas. (PASCHOAL. 2006, p. 61).

Com a descrição de Paschoal, fica evidente a importância e a forma como o líder influencia toda uma equipe e, conseqüentemente, toda uma organização. Se um líder não exercer seu papel com sublimidade, a organização pode fracassar e sofrer sérias conseqüências.

Chiavenato (1994), reforça essa afirmação dizendo que para assegurar o sucesso frente a um ambiente que está em constante mudança e que possui um alto nível de concorrência, as empresas precisam de líderes eficazes. As responsabilidades do gerente estão mudando radicalmente. Não basta ser eficiente. É preciso, sobretudo, ser um líder eficaz. O líder não atua no vácuo. Trabalha com pessoas de todos os tipos, em todos os níveis da organização e em situações altamente diversas.

Segundo Chiavenato (1994), a eficácia de um líder consiste em, resumidamente:

- a) Construir a sua própria equipe e escolher adequadamente as pessoas que irão trabalhar com ele. Formar e manter uma equipe bem selecionada é um indício da eficácia da liderança.
- b) Treinar e desenvolver continuamente as pessoas. O líder consegue a plena capacitação pessoal de sua equipe através da comunicação e da transmissão de informações, transferência de habilidades, mudanças de atitudes e desenvolvimento de conceitos e filosofias de trabalho.
- c) Analisar e planejar o trabalho de modo a assegurar um desenho de tarefas altamente sintonizado com as capacidades individuais dos membros de sua equipe e gerenciar as mudanças necessárias para manter constante essa sintonia entre o desenvolvimento individual e grupal e a conseqüente modernização das atividades



- e serviços.
- d) Liderar pessoas e grupos de trabalho, traçando e revendo constantemente os objetivos a serem alcançados e conduzindo os esforços de modo a obter ações eficientes e altamente produtivas.
 - e) Motivar pessoas e grupos de trabalho através da própria tarefa, do clima organizacional adequado, proporcionando condições ótimas para o alcance dos objetivos organizacionais e individuais dos membros da equipe.
 - f) Monitorar e avaliar o desempenho das pessoas e grupos para verificar o seu progresso e desenvolvimento.
 - g) Recompensar firmemente para assegurar reforço positivo do desempenho eficiente e eficaz dos subordinados e da equipe. (CHIAVENATO. 1994, p. 159).

Pode-se notar que o líder é uma peça fundamental para o conduzir pessoas a alcançarem objetivos comuns e individuais. Em uma organização que é movida e resultados positivos, faz-se necessário que o líder seja bem selecionado para função.

A habilidade de liderar não é uma habilidade exclusiva ou rara. Ela pode ser aprendida e aprimorada constantemente. Sendo assim, entende-se que qualquer um pode liderar, desde que seja capaz de desempenhar tais habilidades.

Chiavenato (1994) diz que, a habilidade de liderança não é nata. Nem privativa de alguns poucos superdotados. Ela tem de ser aprendida e incorporada ao comportamento do gerente para fazer parte do seu cotidiano de trabalho.

Com isso, as empresas podem formar seus líderes através de outros líderes e cada vez mais aprimorar suas equipes e, conseqüentemente, seus resultados.

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos e hipóteses dessa pesquisa foram atingidos e comprovados através do material estudado, demonstrando a importância das empresas tomarem ciência do atual cenário da saúde pública no Brasil, no que diz respeito a saúde mental e do comportamento das pessoas, se atentar e tomar medidas efetivas que colaborem com o desenvolvimento de cada indivíduo e, conseqüentemente, da sociedade, sendo que as empresas dependem das pessoas para sua existência, tanto para efetuar os serviços como consumi-lo, ou seja, isso está diretamente relacionado com a economia do país.

Notamos que um problema de saúde pública interfere em todos os aspectos e camadas da sociedade de tal forma que as empresas passam a ter suas responsabilidades sociais diante dessa situação. Tão logo, se faz necessário que alguma ação social seja aplicada



pelas empresas, a fim de contribuir e colaborar com a saúde pública, pois isso afeta a sustentabilidade das organizações e, conseqüentemente, do mercado econômico.

Observamos que não é válido somente estudar ou desenvolver estudos teóricos que retratem sobre as questões sobre gestão de pessoas e psicologia, e sim será válido trabalhar e criar meios ou maneiras de avaliar e modificar a realidade praticada em algumas empresas.

Entendendo os aspectos psicológicos organizacionais e a responsabilidade que esta ação pode ter de influência sobre as pessoas, as empresas devem cuidadosamente preparar seus líderes para liderar suas equipes e projetos.

Se uma empresa está alcançando seus resultados, não necessariamente seus colaboradores estão motivados a isso, pois as algumas condições podem não estar de acordo com a motivação e necessidades humanas, o que pode gerar diversos tipos de frustrações.

No entanto, as empresas que cuidam bem de seus colaboradores e que investem no desenvolvimento de cada um deles e de seus líderes, alcançarão resultados positivos, assim como mostra o estudo de caso e o caso da IBM – empresa em constante crescimento e referência de modelo organizacional – pois estreita a relação empresa-colaborador e acaba ser tornando uma relação transparente, objetiva, colaborativa e, conseqüentemente, de sucesso.

Entretanto, existem diversos desafios para alcançar o ideal organizacional. Um dos principais saber lidar com as diferenças de cada pessoa e, ainda, saber lidar com as diferenças entre cada uma delas. Isso gera uma dificuldade para definir algum parâmetro que possa ser global e que possa ser aplicado para todas as empresas, pois não é possível motivar em termos iguais pessoas diferentes. Nem sempre o que é conveniente para uma pessoa será necessariamente para outra. Assim, o que pode ser interessante para uma pessoa em dado momento, pode não ser mais depois de algum tempo.

Apesar de algumas teorias, as necessidades humanas, são subjetivas e isso torna um desafio para qualquer empresa ou líder que queira motivar uma equipe ou pessoas. Por isso, se faz necessário uma abordagem ou diálogo que favoreça o relacionamento empresa-líder-colaborador, para que o objetivo da motivação seja alcançado e ambos conquistem resultados positivos.

Portanto, sempre há um elemento particular na motivação que gera uma grande complexidade, por este motivo, as empresas devem investir constantemente nas pessoas e em seus líderes e na formação de novos profissionais na área de psicologia, de forma que sempre esteja atualizada ao cenário atual, entendendo as tendências e tipos de necessidades humanas e assim colaborando de forma significativa com o atual problema de saúde pública.

■ REFERÊNCIAS





1. **AÇÃO REAÇÃO MARKETING, Consultoria**, 2011. Disponível em: <<http://acaoreacaoomarketing.com.br/site/>>; Acesso em: 08/09/2017
2. _____. **Raio-X Fosfertil**, 2011 Disponível em: <<http://www.acaoereacao.net/raioxfosfertil.html>>; Acesso em: 08/09/2017.
3. ALMEIDA, Marcelo. Investir na qualidade de vida do funcionário aumenta a produtividade da empresa. **Catho**, 2011. Disponível em: <<https://www.catho.com.br/carreira-sucesso/gestao-rh/investir-na-qualidade-de-vida-do-funcionario-aumenta-a-produtividade-da-empresa>>. Acesso em: 14/09/2017.
4. BANOVA, Márcia Regina. **Psicologia no gerenciamento de Pessoas**. 1ª ed. 1ª reimpressão. São Paulo: Atlas, 2009.
5. CARVALHO, Antônio Vieira de; NASCIMENTO, Luiz Paulo do; SERAFIM, Oziléa Clen Gomes. **Administração de Recursos Humanos vol.1 – 2ª edição**. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
6. CHIAVENATO, Idalberto. **Gerenciando Pessoas: o passo decisivo para a administração participativa**. São Paulo: Makron Books, 1994.
7. _____. **Recursos Humanos: o capital humano das organizações**. 8ª ed. São Paulo, Atla, 2008.
8. _____. **Introdução à teoria geral da administração**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
9. FIDELIS, Gilson José. e BANOVA, Márcia Regina. **Gestão de recursos humanos: do tradicional ao estratégico**. São Paulo: Érica, 2013.
10. GIL, Antonio Carlos. **Gestão de Pessoas: enfoques nos papéis profissionais – 1ª edição**. São Paulo: Atlas, 2007.
11. PASCHOAL, Luiz. **Gestão de Pessoas: micros, pequenas e médias empresas – para empresários e dirigentes**. Janeiro: Qualitymark, 2006.
12. WOOD JR. Thomas. **Gestão Empresarial: fator humano**. São Paulo: Atlas, 2002



A simbiose industrial como meio de economia sustentável na indústria cervejeira: estudo de caso

| **Giovani Sabadin Bazan**
UNORP

| **Eugenio R. Leone Neto**
UNORP

| **Fábio de Oliveira Gomes**
UNESP

| **Irene Rodrigues Freitas**
UNORP

RESUMO

A preocupação com o meio ambiente, assim como a sua preservação ganham espaço no mercado mundial, uma vez que a cada dia se torna mais clara a necessidade de minimizar a geração de resíduos e poluentes. A participação da Indústria como fonte de geração de resíduos toma grande parte dos impactos ambientais gerados pelo consumo moderno. Um meio para se combater esse tipo de poluição de forma sustentável é a Simbiose Industrial (SI), que provê meios de diminuir o descarte dos chamados rejeitos industriais. Tendo como base uma indústria em ascensão, assim como a sustentabilidade, esse trabalho teve por objetivo avaliar o potencial econômico e ambiental com a aplicação da SI na indústria cervejeira. Foi realizado um levantamento de dados sobre processo de fabricação de cerveja e os resíduos gerados, analisado os custos e o impacto ambiental. Assim, foram encontrados possíveis reaproveitamentos dos resíduos para manufatura de novos produtos.

Palavras-chave: Resíduos, Meio Ambiente, Economia, Reaproveitamento.



■ INTRODUÇÃO

A indústria cervejeira teve uma forte expansão no mercado nacional, chegando ao número total de 679 cervejarias legalmente instaladas no Brasil no ano de 2017 (BRASIL, 2018). Subsequente a esse crescimento de mercado, os resíduos gerados pelo setor aumentam proporcionalmente, representando 20% do volume originado no processo, ou seja, a cada 100 litros de cerveja produzidos, são gerados 20kg de rejeitos (ALIYU; BALA, 2011). Segundo Rech e Zorzan (2017) o bagaço do malte representa a maior parte dos resíduos gerados no processamento, sendo 85% do total.

Novas tendências e padrões tem surgido através do avanço tecnológico, econômico e social, conseqüentemente, surgem novas formas de usar os recursos e proteger o meio ambiente. Com isso, há necessidade de novos processos ou modificações para evitar ou reduzir danos ambientais e promover a sustentabilidade dos negócios (FERREIRA; BARREIRO; CARVALHO, 2019).

A Simbiose Industrial é uma das abordagens de inter-conectividade produtiva da Ecologia Industrial (EI). O termo simbiose significa “vivendo junto” e é usado para descrever interações nas quais ocorre o mutualismo, isto é, relacionamentos entre organismos de espécies diferentes, envolvidos em trocas diretas, feitas em prol de benefícios mútuos (TREVISAN *at al.*, 2016). Uma das definições mais citadas de SI é dada por Shertow (2000), que define SI como a cooperação de indústrias separadas, geograficamente próximas umas das outras, para a troca de materiais, energia, água e subprodutos.

Fraccascia, Giannoccaro e Albino (2019) mostram que a distância entre empresas pode influenciar a troca de recursos entre os participantes, devido aos custos de transporte, portanto, as iniciativas de simbioses industriais são desenvolvidas a nível regional e local.

Em meios industriais é baseado na sinergia entre diferentes atividades produtivas que apresentam maior eficiência de recursos aliados a benefícios ambientais e econômicos tendo como conceito a otimização dos fluxos mássicos residuais visando seu reaproveitamento como matéria prima ou insumos em outro processo produtivo (TANIMOTO, 2004).

Um exemplo simples da aplicação da SI é a venda de retalhos gerados no processo de uma confecção, para uma fábrica de tapetes. Analisando esse caso, tem-se o ganho ambiental com reaproveitamento do resíduo, uma possível rentabilidade para a confecção com a venda dos retalhos, bem como para a fábrica de tapetes, uma vez que pode barganhar pela aquisição dos resíduos para utilizar como matéria prima.

Possuindo alto teor nutritivo, a utilização do bagaço do malte, por exemplo, pode se tornar uma boa alternativa para alimentação humana e animal, sendo possível seu reaproveitamento por indústrias do setor alimentício através da Simbiose Industrial.





Kotlar, Agüero e Rourar (2012) analisaram o uso de resíduos provenientes da indústria cervejeira para obtenção de enzimas proteolíticas e asseguram a possibilidade de utilizar resíduos do agronegócio para outras empresas. Resíduos de frutas, olivas e da produção de vinho foram estudados por Rovas e Zabanioutou (2005) para a produção de calor e energia, como um potencial para novas interações.

Santos e Magrini (2018) menciona que a SI no Brasil concentram-se em projetos voltados para melhorias de práticas de sustentabilidade. Estes autores apontam que, a exploração da SI em setores estratégicos da economia brasileira exige uma investigação mais aprofundada.

Dentro do contexto de reaproveitamento de resíduos, a indústria cervejeira pode contribuir com a remanufatura para diferentes indústrias, bem como para a bioenergia simbiótica.

■ ESTUDO DE CASO

Os dados foram levantados através de pesquisa descritiva e bibliográfica sobre a indústria tomada para o estudo de caso, seus processos e resíduos. Foi realizada pesquisa exploratória sobre possíveis meios de reaproveitamento dos resíduos identificados e seus possíveis ganhos para a indústria e meio ambiente.

Os valores citados para referência na compra e venda do bagaço de malte e ração foram obtidos tomando por base trabalho de outros autores mencionados e por pesquisa de preço em pontos de vendas especializadas.

A Cervejaria que foi utilizada como base para o estudo, está localizada no interior do Estado de São Paulo, atua há 5 anos no mercado e se tornou referência regional, tendo amplo espaço para crescimento e alto investimento tecnológico em seus equipamentos e processos.

Análise e estudo de possíveis resultados

Feita a análise das possíveis aplicações da Simbiose Industrial, e quantificados seus custos através do método de custeio, feita a análise da rentabilidade para a indústria geradora de resíduos e para o consumidor e análise dos impactos ambientais relacionados a massa residual. A equação utilizada para cálculo da receita gerada com a venda dos resíduos é representada a seguir:

$$\text{Receita} : \frac{\text{Total de Rejeitos (kg)}}{\text{Recipiente de Venda (kg)}} \times \text{Valor de venda (R\$)}$$



■ A APLICAÇÃO DA SIMBIOSE INDUSTRIAL

Processo de fabricação de cerveja

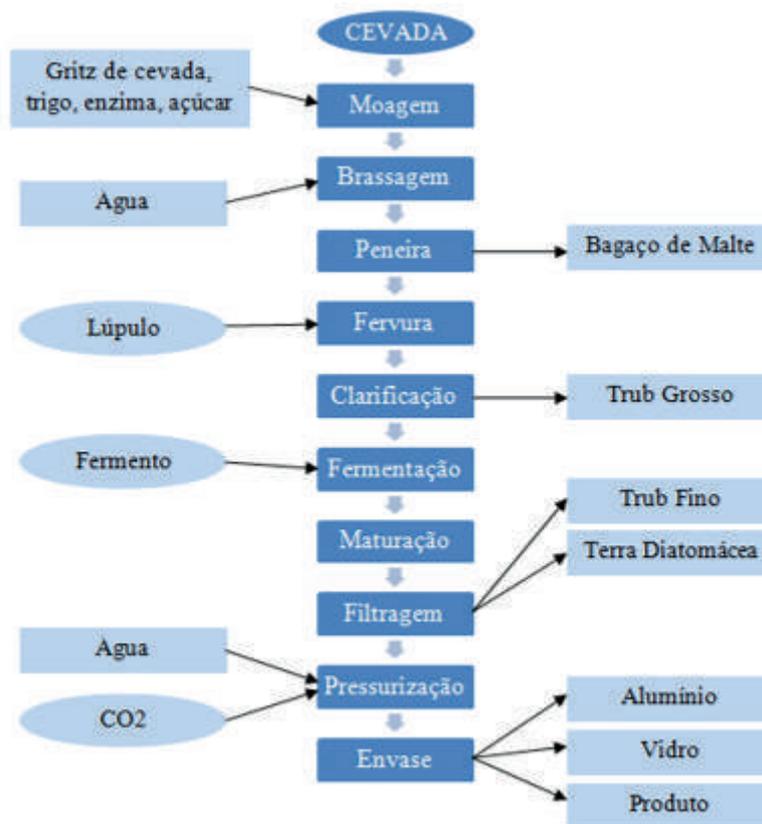
Conforme definido no art. 36, do Decreto nº 6.871, de 2009:

“A cerveja é a uma bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro” (BRASIL, 2019).

Conhecer o processo de fabricação da cerveja auxilia na identificação dos possíveis resíduos gerados e assim, podem ser melhores analisados para as diferentes formas de aplicação, a Figura 1 representa o fluxo da fabricação. Resumidamente o processo de produção da cerveja segue o fluxo a seguir:

- Moagem - O malte e adjuntos de cereais não maltados são moídos gerando uma “farinha a modo grosseiro” de forma a expor o amido e outras substâncias, como enzimas, dentro dos grãos;
- Brassagem - A farinha gerada é submetida a um processo de adição de água e aquecimento, de forma a gerar um mosto;
- Filtração do mosto (Peneira) - Primeira geração de resíduos sólidos, separando a parte insolúvel do mosto filtrado;
- Fervura - Fervura a ponto de ebulição do mosto filtrado, sendo agregados lúpulos e /ou outros adjuntos;
- Clarificação - Normalmente por centrifugação simples, há a sedimentação e retirada do resíduo de trub ou trub grosso.
- Fermentação - Processo no qual os açúcares gerados nos processos anteriores se transformam em álcool através da adição de leveduras;
- Maturação - Período de “descanso” para que a cerveja atinja o aroma e textura desejados;
- Filtragem - Remoção das impurezas restantes no líquido através de bombeamento por um meio filtrante adequado;
- Envase - Preenchimento da cerveja em seus recipientes próprios;
- Pasteurização / Pressurização - Estabilização biológica da cerveja, submete o líquido a processos de aquecimento ou esfriamento, podendo estes ocorrerem junto ao envase.

Figura 1. Resíduos no processo de produção de cerveja.



Fonte: Adaptado de Marsarioli (2019), Olajire (2012) e Santos e Ribeiro (2005).

Resíduos gerados

Segundo Marsarioli (2019) os rejeitos gerados diretamente na produção cervejeira são basicamente o bagaço do malte, trub / levedura e terra diatomácea, além dos gerados de forma indireta, tais como descartes de alumínio, vidro, papelão e afins, oriundos de não conformidades durante as etapas produtivas e de distribuição.

Para este estudo foram apontados os possíveis reaproveitamentos para os resíduos gerados de forma direta durante o processo, visto que são relacionados proporcionalmente a produção da cerveja.

A partir dos dados obtidos em uma cervejaria de médio porte do interior de SP, tem-se a faixa aproximada de descarte de 100.000 kg de bagaço de malte, 30.000 L de levedura e 265 kg de terra diatomácea, para uma produção mensal de aproximadamente 600.000 L de cerveja.

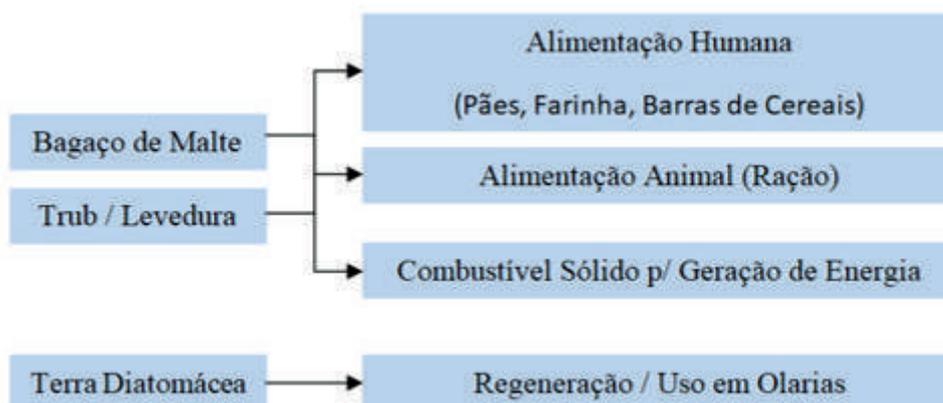
Meios de reaproveitamento

As opções de utilização dos resíduos citados são demonstradas conforme a Figura 2. Segundo Santos e Ribeiro (2005) e Marsarioli (2019) o bagaço de malte apresenta alto valor nutritivo, sendo comumente enviado a outras empresas para produção de ração animal. Freitas (2006) cita que o bagaço de malte além de ser utilizado para fabricação de ração



animal está despertando o interesse para a alimentação humana devido as suas propriedades benéficas a saúde.

Figura 2. Meios de reaproveitamento.



Fonte: Elaborado pelo Autores.

Tendo em sua composição nutricional aproximadamente 70% de fibra; 20% de proteína; 1,2% de mono e diácidos fenólicos além de vitaminas do complexo B o bagaço tem sido estudado como uma boa alternativa para enriquecimento de produtos alimentícios.

Também tendo altos valores nutritivos, a levedura cervejeira foi a base para Rech e Zorzan (2017) produzirem uma farinha rica em nutrientes. Utilizando-a juntamente com outra farinha proveniente do bagaço de malte, elaboraram cupcakes, melhorando seu teor proteico e de fibras, tornando-se uma opção saudável, nutritiva e atrativa aos consumidores.

Estudos do SENAC (2014) obtiveram como principais resultados parciais alcançados, o bom desempenho na avaliação de aceitabilidade dos atributos (impressão global, aroma, sabor, textura e cor) e o resultado positivo da análise de viabilidade financeira para a produção na elaboração de um pão nutritivo e funcional proveniente do reaproveitamento do bagaço de malte de cevada.

Moreira *et al.* (2009) utilizaram o mesmo conceito para elaboração de barras de cereais com resíduos cervejeiros, obtendo um alimento prático e com valores de proteína, fibras e carboidratos semelhantes aos de produtos já comercializados.

Vários estudos foram feitos sobre a utilização do bagaço de malte e da levedura para complementação na alimentação animal. Vieira e Braz (2009), Albuquerque *et al.* (2011) e Marsarioli (2019), apontaram que adição de bagaço de malte na alimentação de suínos em crescimento e em terminação apresentavam melhores índices de desempenho.

Geron e Zeoula (2007), Mendonça (2012) e Marsarioli (2019), também concluem que o bagaço de malte e levedura podem apresentar ganhos econômicos com custo de aquisição e incremento da produção na alimentação de vacas leiteiras e cabras.





Goulart *et al.* (2011) propõe a regeneração da terra diatomácea utilizada na filtração e clarificação da cerveja através de dois processos de tratamento térmico sequenciais.

Cordeiro (2011) propõe que o bagaço de malte oriundos de cervejarias também pode ser adotado como combustível sólido para geração de energia.

Marsarioli (2019) cita que a disposição de terra diatomácea, muito embora não possa ser considerada como resíduo perigoso, a proposição seria descartá-la em aterro sanitário, através do serviço de coleta pública. Uma alternativa seria direcioná-la para olarias ou outra indústria que possa absorvê-la em seu processo produtivo. Entretanto, a quantidade gerada é tão pouca que inviabiliza qualquer trato mais sofisticado, com exceção da possibilidade de reciclá-la através de tratamento térmico. Tal proposição mostra-se bastante interessante, mas necessita de investigação e avaliação mais abrangente.

Valores

Considerando o custo médio de retirada e transporte do bagaço, cada bombona de 200 kg tem o seu valor em torno de R\$ 20,00, sendo a levedura misturada ao resíduo do bagaço de malte.

Analisando o caso da Cervejaria, tem-se a redução no custo com o descarte dos resíduos e uma nova fonte de renda, com a rentabilidade na faixa de R\$ 13.000,00 com a venda das 130 ton. de Resíduos gerados.

Tendo como base o reaproveitamento citado como estudo desenvolvido por Marsarioli (2019) e uma estimativa de valor atual para ração bovina (21% de proteína) em cerca de R\$ 50,00 o saco com 30 kg, a utilização dos resíduos como complementação na alimentação de bovinos resultaria na economia de 1600% em relação ao valor da ração aos pecuaristas.

Pelo ponto de vista ambiental, deixam de ser descartados os rejeitos já citados acima, entorno de 130 toneladas tendo um reaproveitamento quase que imediato, evitando o uso em aterros sanitários e preservando o ecossistema local.

Baseado nos dados já citados, consideram-se como possíveis compradores regionais, pequenas e médias panificadoras e/ou indústrias alimentícias que tenham produtos a base de farinha, podendo estas entrarem no mercado com um produto diferencial proveniente de malte e com alto valor nutritivo e agropecuaristas e/ou produtores de ração animal, assim como já feito pela unidade de negócio em questão.



■ CONCLUSÃO

Com esse estudo, é possível encontrar meios de adequar sustentabilidade à indústria local, tornando-se plausível o reaproveitamento de resíduos para manufatura de novos produtos, consequentemente aumentando margens de lucro para os produtores e diminuindo o impacto ambiental do processo.

Considerando todos os dados abordados na pesquisa, a Simbiose Industrial tem enorme possibilidade de aplicação assertiva na Indústria Cervejeira, tendo várias possíveis destinações aos rejeitos, todas com ganhos promissores às unidades geradoras e consumidoras dos resíduos, e com notável redução aos impactos ambientais ocasionados pelo processo de fabricação da cerveja.

■ REFERÊNCIAS

1. ALBUQUERQUE, D. M. N.; LOPES, J. B.; KLEIN JUNIOR, M. H.; MERVAL, R. R.; SILVA, F. E. S.; TEIXEIRA, M. P. F. Resíduo desidratado de cervejaria para suínos em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n° 2, p. 465-472, 2011.
2. ALIYU, S.; BALA, M. Brewer's spent grain: A review of its potentials and applications. **African Journal of Biotechnology**, v. 103, n. 3, p. 324-331, 2011.
3. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **A Cerveja no Brasil**, Brasília, DF, MAPA, 2006. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/a-cerveja-no-brasil>> Acesso em 10 de nov. de 2019.
4. BRASIL. **Instrução Normativa nº 65, de 10 de dezembro de 2019**. Diário da União, Brasília, DF, 2019, e. 239, Seção 1, p. 31.
5. CHERTOW, M. R. Industrial symbiosis: literature and taxonomy. **Annual Review of Energy and Environment**, v. 25, p. 313-337, 2000.
6. CORDEIRO, Luana Gomes. **Caracterização e viabilidade econômica do bagaço de malte oriundo de cervejarias para fins energéticos**, 2011. 121 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.
7. FERREIRA, I. A.; BARREIOS, M.S.; CARVALHO, H. The industrial symbiosis network of the biomass fluidized bed boiler sand—Mapping its value network. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 149, p.595–604, 2019.
8. FRACCASCIA, L., GIANNOCARO, I., ALBINO, V. Business models for industrial symbiosis: a taxonomy focused on the form of governance. **Resource, Conservation & Recycling**, v. 146, p.114–126, 2019.
9. GERON, L. J. V.; ZEOULA, L. M. **Silagem do resíduo úmido de cervejaria: uma alternativa na alimentação de vacas leiteiras**. Pubev Medicina Veterinária e Zootecnia, Londrina/PR, V. 01, n. 8, art. 310, 2007.



10. GOULART, M.R.; SILVEIRA, C.B.; CAMPOS, M.L.; ALMEIDA, J. A.; MANFRED, S.; OLIVEIRA, A. F. **Metodologias para reutilização do resíduo de terra diatomácea, proveniente da filtração e clarificação de cerveja**. Revista Química Nova, São Paulo/SP, V. 34, n. 4, pg. 625-629, 2011.
11. KOTLAR, C. E.; AGÜERO, M. V.; ROURA, S. I. Statistical optimization of a novel low-cost medium based on regional agro-industrial by-products for the production of proteolytic enzymes by *Bacillus cereus*. **Preparative Biochemistry and Biotechnology**, v. 42, n. 5, p. 406-425, 2012.
12. MARSARIOLI, Maurício. **Identificação e avaliação de geração de resíduos em processo de produção de cerveja em microcervejaria e proposição de reutilização**, 2019. 73 f. Dissertação (Pós-Graduação em Sistemas Ambientais Sustentáveis) - Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, Lajeado, 2019.
13. MENDONÇA, L. M. **Utilização do resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cabras Anglo Nubiana em final de lactação**. 2012. 66 f. Dissertação – Mestrado em Ciências, Universidade Federal do Sergipe, São Cristovão, 2012.
14. MOREIRA, L. M. *et al.* **Elaboração e caracterização de Barras de Cereais elaboradas com Resíduo Sólido de Cervejaria**. In: Mostra da Produção Universitária 8., 2009, Rio Grande - RS. Anais... Rio Grande: CIDECSUL – FURG, 2009.
15. RECHI, C.; ZORZAN, V. **Aproveitamento de resíduos da indústria cervejeira na elaboração de cupcake**, 2017. 44 f. Dissertação (Curso Superior de Tecnologia em Alimentos) - Departamento Acadêmico de Engenharia de Alimentos – DAEAL, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Francisco Beltrão, 2017.
16. ROVAS, D.; ZABANIOTOU, A. Exergy analysis of a small gasification-ICE integrated system for CHP production fueled with Mediterranean agro-food processing wastes: The SMART-CHP. **Renewable Energy**, v. 83, p. 510-517, 2015.
17. SANTOS, V. E. N.; MAGRINI, A. Biorefining and industrial symbiosis: A proposal for regional development in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 177, p. 19-33, 2018.
18. SANTOS, M.S.; RIBEIRO, F.M. **Cervejas e Refrigerantes**. CETESB, São Paulo. 58p. 2005.
19. SENAC. **SUSTENTABILIDADE E GESTÃO DE RESÍDUOS EM CERVEJARIAS: reaproveitamento do bagaço de malte de cevada na elaboração de pão nutritivo e funcional**. Criciúma, 2014.
20. TANIMOTO, A. **Proposta de simbiose industrial para minimizar os resíduos sólidos no polo petroquímico de Camaçari**, 2004. 169 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.
21. TREVISAN, M. *at al.* Ecologia industrial, simbiose industrial e ecoparque industrial: conhecer para aplicar. **Sistemas & Gestão**, v.11, n°. 2, 2016.
22. VIEIRA, A. A.; BRAZ, J. M. **Bagaço de cevada na alimentação animal**. Revista Eletrônica Nutritime, Viçosa/MG: V. 6, n° 3, p. 973-979, mai/jun 2009. Disponível em <https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/091V6N3P973_979MAI2009_.pdf> , acesso em 15/08/2019.



Adsorção do azul de metileno utilizando casca de arroz

| **Marcelo Bacci da Silva**
UFTM

| **João Henrique Pain dos Santos**
UFTM

RESUMO

O aumento da população mundial condiciona as indústrias a aumentarem sua produção. Em consequência, surgem diversos problemas ambientais, dentre eles a poluição por corantes. O uso de biomassa como a casca de arroz (CA), material adsorvente, surge como uma alternativa promissora para o tratamento dos efluentes industriais. Os corantes, quando presentes em níveis elevados, podem ocasionar danos ao meio ambiente e à saúde humana. Entre os diversos corantes utilizados destaca-se o azul de metileno (AM), proposto nesse trabalho, que avalia a capacidade de adsorção do AM em diferentes condições usando a CA como material adsorvente. O uso de biomassa como adsorvente para remoção de corante apresenta custos inferiores quando comparados aos adsorventes comerciais, mantendo relativa eficiência. O teor de AM foi determinado por espectrofotometria de UV-visível (664nm). Testes de adsorção foram realizados em batelada, sob agitação constante, variando concentração, pH e quantidade de biomassa, cujo planejamento experimental objetivou o ponto ótimo do processo. Os resultados mostraram que a biomassa é a variável que mais interferiu no processo de adsorção, e também que há potencial de utilização da CA para a remoção do (AM) em soluções aquosas, sendo possível haver uma melhoria da condição de operação do sistema.

Palavras-chave: Adsorção, Biomassa, Azul de Metileno e Casca de Arroz.



■ INTRODUÇÃO

Os corantes têm por definição a propriedade de se conectarem a superfícies para conferir assim uma coloração. Geralmente tem em sua composição, moléculas orgânicas complexas, tornando-os resistentes a muitas interações, como a da ação dos detergentes. O seu campo de atuação é amplo, onde destacam-se as indústrias têxtil, de papel, no processamento de alimentos, no curtimento de materiais como couro, plásticos, borracha, no setor de tintura e impressão e também na área de cosméticos (MUSTAFA, 2014).

Os processos de tingimento, de acordo com o tipo de corante, os insumos ou entradas (água, formas de energia e produtos químicos), geram poluentes ou saídas (gases, particulados, vapores, efluente líquido, resíduo sólido, calor, ruído e vibração) (MUSTAFA, 2014).

O corante orgânico catiônico, azul de metileno (AM), é aplicado em estudos de adsorção, pois sua molécula serve como modelo para os demais corantes, já que as bandas de absorção de suas diferentes espécies (monômeros, dímeros e espécies protonadas) aparecem em regiões diferentes do espectro e possuem registros conhecidos (SILVA *et al.*, 2014).

Desta forma, há o interesse no estudo do emprego da casca de arroz como adsorvente, visto ser uma fonte renovável e biodegradável. Por conseguinte, o presente trabalho tem como objetivo estudar a eficiência da adsorção da CA para o tratamento, a fim de minimizar a concentração destes.

■ REVISÃO TEÓRICA

Os efluentes de diversos tipos de indústrias que contém corantes, necessitam de alternativas cada vez mais inovadores que promovam a minimização desse tipo de poluição ambiental. Para o melhor entendimento deste trabalho faz-se necessário abordar alguns temas apresentados a seguir.

Corantes e o azul de metileno

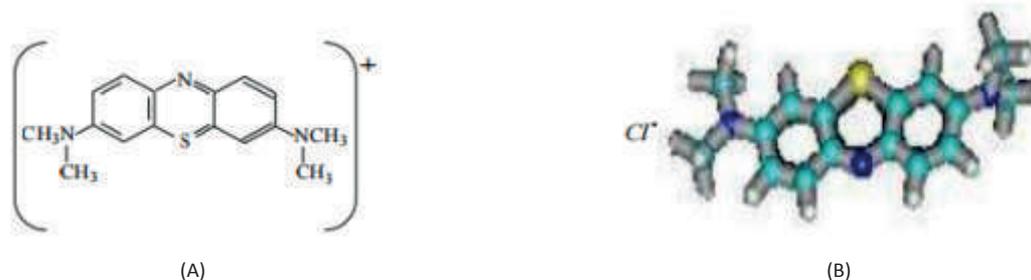
Os corantes poluentes do meio ambiente geram grande preocupação, pois são descartados em grande escala em efluente de diferentes setores industriais, como os efluentes de indústrias têxteis, alimentícias, gráficas, fotográficas e de aditivos derivados de petróleo. A elevada presença desse material nos leitos fluviais produz efeitos como: toxicidade, elevação na demanda química de oxigênio, redução da penetração da luz e consequente redução no processo de fotossíntese. Portanto, há uma grande preocupação em desenvolver tratamentos para os efluentes contaminados com corantes (SILVA, 2005).





Dentre a grande gama de corantes está o azul de metileno (AM), que se destaca devida a sua vasta aplicabilidade. Ele é um corante orgânico fenotiazínico, descoberto no ano de 1876 por Heinrich Caro, reconhecido por sua característica citológica, propriedades fotoquímicas (inativação de bactérias e vírus), produção de células foto galvânicas e por ser um indicador de oxirredução (SCOTTI *et al.*, 2006). Pertence à classe dos corantes reativos, caracterizados por apresentarem mais grupamentos –N=N– ligados a sistemas aromáticos em sua estrutura, o que propicia a eles uma maior estabilidade química (KUNZ *et al.*, 2002). Sua inalação pode causar dificuldades respiratórias e sua ingestão pode produzir uma sensação de queimação, náusea, vômito, diarreia e gastrite. O nome usual advém da substância química cloridrato de metil tiamina ou cloreto de 3,7-bis-dimetilamino-fenazotônio, cuja composição química é C₁₆H₁₈N₃SCl. Ao se dissolver em água, ocorre dissociação em ânions cloreto e cátions azul de metileno. A sua estrutura molecular aparece na **Figura 1**.

Figura 1. Azul de metileno: (A) fórmula espacial, sem o Cl⁻; (B) fórmula estrutural.



Fonte: SILVA (2005).

A visibilidade em regiões diferentes do espectro das bandas de absorção, em suas distintas espécies, faz dessa molécula um modelo para os demais corantes e, portanto, é um ótimo referencial para o estudo desse tipo de contaminação.

A casca de arroz como material adsorvente

As partes básicas constituintes do grão de arroz são: cariopse, camada protetora e casca. A cariopse é formada por diferentes camadas, o pericarpo é a mais externa, o tegumento e a camada de aleurona, que na massa do arroz integral tem representatividade de 5 a 8%. Na camada de aleurona têm-se várias estruturas: os grãos de aleurona, conhecidos como corpos proteicos, os corpos lipídicos, o embrião ou gérmen que fica localizado no lado ventral na base do grão e é rico em proteínas e lipídios, representando de 2 a 3% do arroz integral. O endosperma forma a maior parte do grão, de 89 a 94% do arroz integral, e consiste de células ricas em grânulos de amido com alguns corpos proteicos. A casca é composta por duas folhas modificadas, a pálea e a lema, e corresponde a aproximadamente 20% do peso do grão.





Com o advento de uma maior preocupação ambiental, estudos foram feitos procurando o reaproveitamento da CA. Esse incentivo ambiental, somado a resposta financeira positiva, estabeleceu para esse antigo rejeito finalidades lucrativas, evitando o máximo de desperdício. No Brasil, destaca-se como finalidades, a venda para aviários, a utilização para benefícios da própria empresa, como a geração de energia, a venda para outras indústrias e por fim o descarte em terrenos (LUZZIETTI, M., *et al.* 2014).

A Figura 2 ilustra os destinos da casca de arroz baseado em percentuais.

Figura 2. Finalidades para a Casca de arroz.



Fonte: LUZZIETTI, M., *et al.* 2014.

Estudo do processo de adsorção

A adsorção é um processo de separação sólido-líquido ou sólido-gás muito utilizado em tratamento de efluentes, no qual os componentes presentes em baixas concentrações na fase fluida são transferidos para a superfície do adsorbato, removendo os mesmos da fase através de interações físicas ou químicas (McCABE *et al.*, 2004).

O mecanismo para que essas separações ocorram é a transferência de massa. Sendo do tipo sólido-fluido, a característica explorada é a afinidade em que certos sólidos têm em se concentrar na superfície de determinadas substâncias em solução líquida ou gasosa. Os sólidos ficam adsorvidos sobre a superfície externa do adsorbato, e à proporção que essa superfície aumenta por unidade de peso de sólido, mais elevada é a adsorção. Com isso, a maioria dos adsorventes utilizados são sólidos com superfícies porosas (McCABE *et al.*, 2004).

Por difusão, o AM desloca-se da fase fluida chegando à interface líquido-sólido, devido à diferença de pressão entre a superfície do adsorbente CA e a solução. Instantes depois, o soluto diluído difunde-se através dos micros poros do adsorbente e fica adsorvido nos sítios ativos. Devido a isso, a eficiência da remoção do soluto relaciona-se com a área superficial





do material. O adsorvato permanece ali adsorvido pela ação de forças químicas como ligações de hidrogênio e interações dipolo-dipolo (BRINQUES, 2005).

Em sinergia com a troca iônica, a interação entre adsorvente e adsorvato tem influência de fatores como, o tamanho da partícula, a área superficial do adsorvente, o pH, a temperatura e o tempo de contato.

O processo de adsorção em batelada facilita o estudo da otimização no cálculo da quantidade de adsorvente necessária e no equilíbrio de adsorção. Para aplicação industrial, esse método remete a custos de operação inviáveis, além da implementação ser complexa, sendo assim muitas vezes não se aplica ao tratamento de efluentes industriais. A remoção de rejeitos industriais resultantes dos processos para minimização dos impactos ambientais subsequentes, envolve técnicas de separação (OLIVEIRA, 2013).

O planejamento experimental

Para se alcançar as condições ótimas de um processo foram desenvolvidas técnicas apropriadas, entre elas destaca-se o planejamento experimental. Trata-se de estudos que abrangem uma quantidade considerável de variáveis, fator de extrema importância, pois torna possível o planejamento e a realização, de maneira organizada, da quantidade ótima de experimentos, economizando tempo e recursos financeiros (BARROS NETO *et al.*, 2010).

Os princípios de um planejamento de experimentos são a replicação, a aleatoriedade e a blocagem. O primeiro ressalta o erro experimental, visto que na coleta dos dados são observadas diferenças que implicarão em estatísticas divergentes, além do que a média de uma amostragem resulta em uma melhor precisão. A aleatoriedade garante distribuições mais regulares de fatores não considerados, ou seja, reduz erros que afetam a independência e variabilidade dos resultados proveniente de fatores críticos não estudados. Já a blocagem, princípio usado quando a medição é feita por pessoas diferentes, possui o intuito de aumentar a precisão proveniente de fatores conhecidos, os quais podem ser controlados e avaliados, porém cujo interesse de estudá-los é nulo (BARROS NETO *et al.*, 2010).

Os experimentos do planejamento composto central são muito populares dentre os planejamentos de experimentos de segunda ordem. São compostos de um ponto central, que será executado com réplicas e dará uma estimativa interna do erro puro e de pontos axiais, que irão determinar os termos quadráticos para permitir a estimativa do modelo de superfície de resposta de segunda ordem, assim ajustando um modelo.





■ METODOLOGIA

O ambiente da prática experimental foi o Laboratório de Operações Unitárias da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM). O planejamento experimental foi elaborado a fim de padronizar e direcionar o trabalho para uma melhor conclusão dos resultados, com posterior comparação. O material adsorvente, biomassa CA tratada, foi obtido na empresa Arroz do Padre situada no município de Uberaba, o qual foi adicionado ao material adsorvido, o corante AM, em uma série de experimentos realizados em reatores batelada.

Preparação da biomassa adsorvente

Primeiramente salinizou-se a CA com água corrente por cerca de 60 minutos, para a retirada das impurezas. Depois fez-se uma secagem à temperatura ambiente ao longo de uma semana, a 25 °C, e posteriormente secou-se na estufa a 70°C, durante 24 horas. O material seco foi triturado em um liquidificador e peneirado na granulometria entre $150 \mu\text{m} < D < 250\mu\text{m}$.

Preparação do contaminante

Inicialmente foi preparada em laboratório a solução do contaminante. Diluiu-se 0,800 g de AM, valor conferido através de uma balança semi-analítica da marca *Shimadzu* Modelo 2202, em dois balões volumétrico de 2 L a fim de obter a solução do estoque do contaminante na concentração de 200 mg L^{-1} . Por fim foram feitas diluições nas concentrações pré-definidas.

Elaboração da curva de calibração

Para a construção de uma curva de calibração, mostrando a relação entre a absorbância e a concentração, foram preparadas seis amostras cujas concentrações foram 0,5; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 e 5,5 mg L^{-1} . Através do espectrofotômetro UV_VIS da marca Biospectro, modelo SP-22, foram feitas as medições no comprimento de onda de 664 nm.

Teste do branco

A biomassa pode afetar a coloração da solução e proporcionar erros de medição. Para verificar se há influência da CA, foram feitas leituras adicionando-se água, no comprimento de onda utilizado para a leitura do AM. Caso haja interferência, deve-se retirar os pontos do teste em branco no mesmo intervalo de tempo do teste com AM, a fim de zerar o equipamento.





O planejamento experimental

Baseado em um planejamento composto central as três variáveis foram analisadas em cinco níveis codificados: concentração de AM (mgL^{-1}), pH e quantidade de CA (g em 100 mL de solução).

Portanto os experimentos a serem realizados devem seguir a **Tabela 1**.

Tabela 1. Matriz do planejamento de composto central para os experimentos.

Experimentos	Concentração de AM (mg L^{-1})	pH	Quantidade de CA (g) em 100 mL de solução
1	170	8	0,3
2	125	8	0,3
3	80	6	0,3
4	200	7	0,3
5	170	7	0,4
6	125	7	0,4
7	80	5	0,4
8	50	8	0,4
9	170	8	0,2
10	125	7	0,5
11	80	7	0,5
12	200	7	0,5
13	170	6	0,5
14	125	9	0,3
15	80	7	0,4
16	50	7	0,6
17	125	6	0,5

Preparo das soluções e cálculo da eficiência

Os experimentos foram realizados à temperatura ambiente. Prepararam-se as amostras para os pH especificados de 5, 6, 7, 8 e 9 utilizando o ácido HCl e a base NaOH, de acordo com cada experimento. Para as amostras neutras não foi feito nada pois a solução estoque foi preparada com água destilada.

Para cada amostra variou-se a massa do adsorvente, que foi pesada com um béquer na balança semi-analítica para atingir os valores de 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 e 0,6 g para cada 100 mL de solução aquosa de AM.





Os testes foram feitos utilizando diferentes concentrações para o AM, e para isso diluiu-se a solução estoque para atingir as concentrações de 50, 80, 125, 170 e 200 mg L⁻¹ nas respectivas quantidades de 200, 400, 500, 400 e 200 mL.

Com o intuito de avaliar a CA como adsorvente na remoção do corante AM em soluções aquosas, realizou-se os dezessete experimentos de acordo com a **Tabela 1** a fim de obter as melhores condições. Como o material não afeta a leitura, foram preparadas amostras de 100 ml nas concentrações e massa definidas para cada experimento e adicionou-se as mesmas em reator de vidro de volume 2,036 dm³ com agitação, a fim de manter a solução homogênea, como visto na **Figura 3**.

Figura 3. Aparato experimental para o processo de adsorção AM pela CA.



Fonte: Do autor (2017).

Ao adicionar a biomassa, disparou-se o cronômetro e, com ajuda de uma seringa, foi retirada uma alíquota do material nos tempos de 4, 8, 12, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 90, 110, 130, 150, 170, 200, 230, 260 e 290 min. Após, filtraram-se as amostras com um polímero de poliéster, o SEFAR PET de 120 fios, para remover o adsorvente retido na alíquota e, com o auxílio de uma pipeta, retiraram-se 2 mL da solução filtrada, transferindo para frascos a fim de obter uma diluição na concentração em que seja possível a leitura.

Por fim, avaliou-se a eficiência da remoção de corante da amostra. Com o espectrofotômetro UV-visível, no comprimento de onda de 664 nm, mediu-se a absorbância no mesmo intervalo de tempo da retirada da amostra após filtrá-la. Em seguida, a absorbância foi convertida em concentração de azul de metileno através da curva de calibração e, com esses valores, calculou-se a eficiência para cada experimento através da **Equação 1**.

$$\varepsilon = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \quad (1)$$

O cálculo da quantidade de corante adsorvida em cada um dos experimentos, ao atingir o equilíbrio, foi feito utilizando-se a **Equação 2**.



$$q_{eq} = \frac{V(C_0 - C_f)}{M_s} \quad (2)$$

Onde: C_0 é a concentração inicial de corante ;

C_f é a concentração final de corante ;

V é o volume da solução retirada para medição em litros;

m_s é a massa seca de adsorvente em gramas;

Os ajustes dos dados de equilíbrio experimentais foram feitos através do modelo das isotermas de Langmuir (**Equação 3**) e Freundlich (**Equação 4**).

$$q_L = \frac{bq_{max}C_{eq}}{1 + bC_{eq}} \quad (3)$$

$$q_F = kC_{eq}^m \quad (4)$$

Onde: q_L e q_F são massa de soluto adsorvido sobre massa de adsorvente $\left(\frac{mg}{g}\right)$;

b é conhecido como “constante de adsorção de Langmuir”;

C_{eq} é a concentração de equilíbrio do soluto na fase fluida $\left(\frac{mg}{L}\right)$;

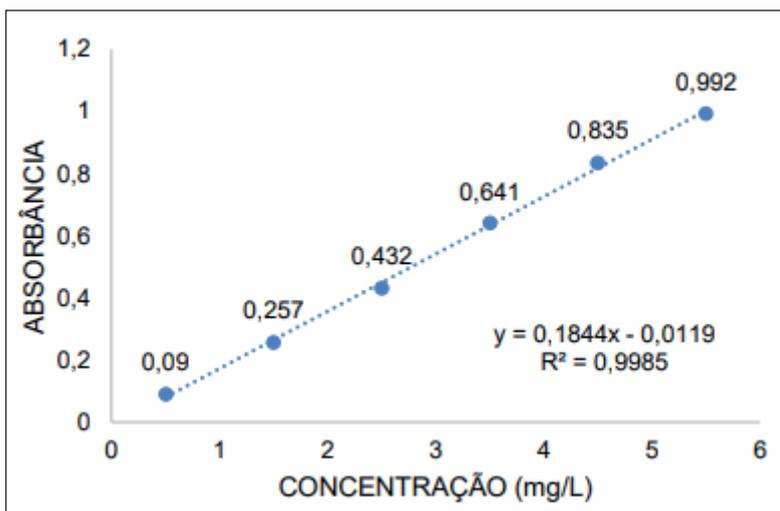
q_{max} é a constante da monocamada $\left(\frac{mg \text{ adsorvato}}{g \text{ adsorvente}}\right)$, ou seja, a máxima adsorção g adsorvente possível;

k e m são constantes que dependem de vários fatores experimentais e se relacionam com a distribuição dos sítios ativos e a capacidade de adsorção;

■ RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado inicial tem-se a curva de calibração da absorbância na Figura 4.

Figura 4. Curva de calibração do AM: absorbância versus concentração.



Fonte: Do autor (2017).

A equação ajustada da curva de calibração é a Equação 5.

$$ABS = 0,1844C + 0,0199 \quad (5)$$

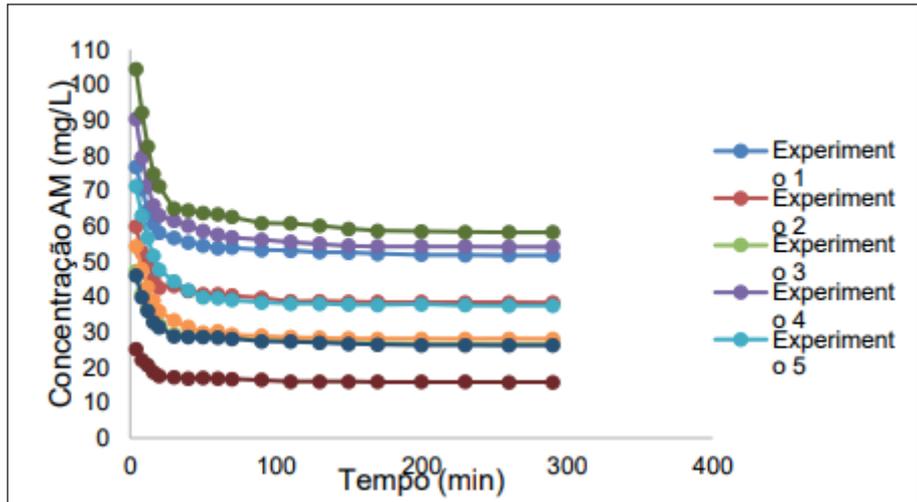
Nesse procedimento, constatou-se que os valores da absorbância eram superiores à faixa de leitura do espectrofotômetro. Isso reafirmou a necessidade de realizar diluições até uma região onde se tem uma maior precisão e confiabilidade dos dados. O coeficiente de correlação (R^2) foi de 0,9985, portanto a linearidade entre os dados é satisfatória e a Equação 5 é bem aceita, garantindo que os cálculos das concentrações nas posteriores leituras sejam confiáveis.

Na análise da interferência da biomassa CA nas leituras do espectrofotômetro observou-se que, durante os 290 minutos necessários, não há interferência na cor da solução.

O estado estacionário entre as fases líquida e sólida foram ilustrados nas Figuras 5 e 6, elaborados a partir do planejamento da Tabela 1. Ao analisar essas figuras, foi possível verificar o comportamento do processo de adsorção com o decorrer do tempo de contato. Nota-se, em ambas as figuras, que os espaços vazios do adsorvato ficam ligeiramente esgotados depois de passado cerca de 80 min, após isso a adsorção é aproximadamente constante.

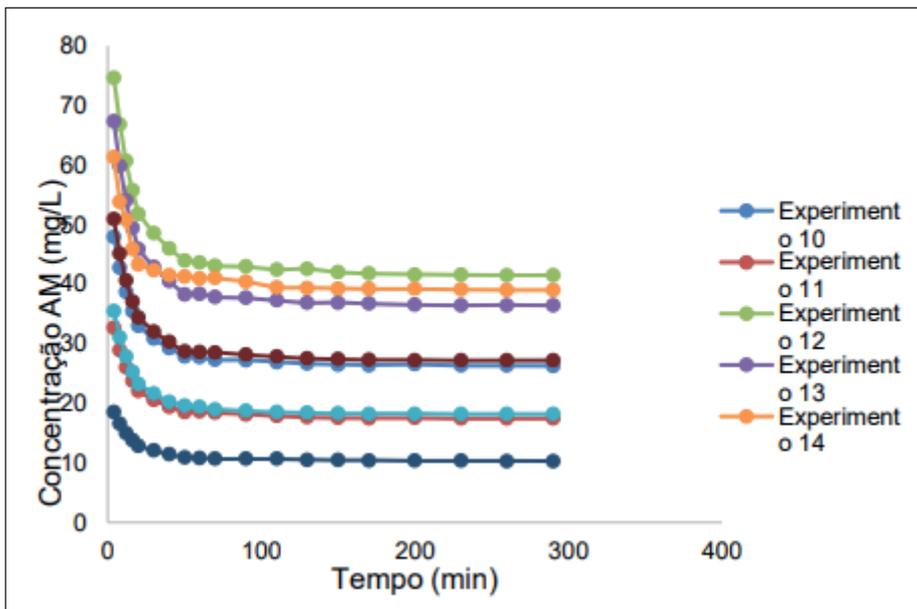


Figura 5. Cinética de adsorção para experimentos de 1 a 9, variando a concentração inicial do corante AM, o pH e a quantidade de Biomassa.



Fonte: Do Autor (2017).

Figura 6. Cinética de adsorção para experimentos de 10 a 17, variando a concentração inicial do corante AM, o pH e a quantidade de Biomassa.



Fonte: Do Autor (2017).

Nota-se grande semelhança entre as respostas dos experimentos 3 e 7, mesmo mantendo constante somente a concentração inicial de AM. Isso demonstra que apesar da biomassa do experimento 7 ser maior, o meio ácido (pH = 5) tende a prejudicar a adsorção. A **Figura 6** apresenta a cinética de adsorção para os experimentos restantes. Nota-se que variar pouco o pH, visto os experimentos 10 e 17, interfere em quase nada a adsorção, e a variação da concentração inicial de corante em 0,1 é positiva, mesmo que muito pouca, visto a semelhança nos resultados dos experimentos 11 e 15. Contudo a cinética de adsorção revelou que o equilíbrio é atingido no tempo de 80 minutos também.

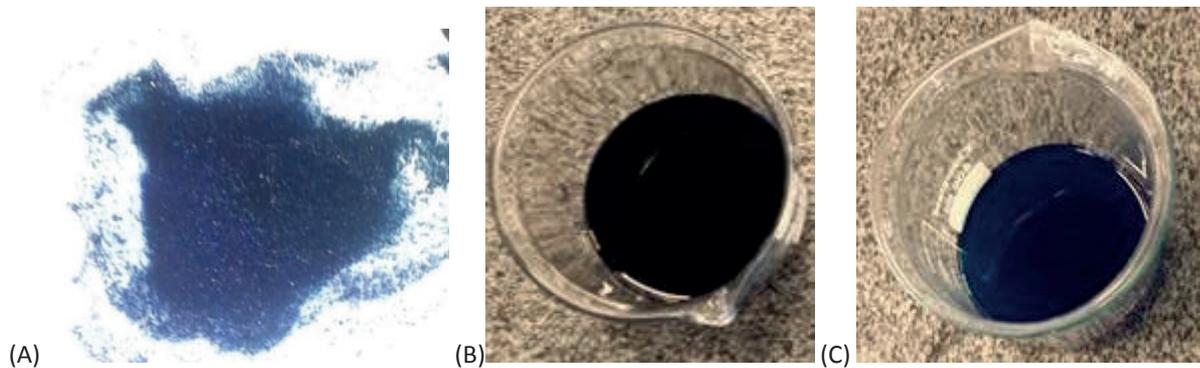




Em todos os 17 experimentos foi constatado uma queda repentina da concentração de corante já nos primeiros 20 minutos de contato e mais reduzida quando passado uma hora. Isso ocorre porque, inicialmente há uma grande quantidade de sítios de adsorção vazios, que são preenchidos pelas moléculas do corante com o passar do tempo. Além disso, as forças repulsivas das moléculas já adsorvidas dificultam o processo de adsorção nos sítios restantes. A cinética de adsorção foi obtida com comportamento plausível teoricamente, sendo que os 290 minutos para o alcance do equilíbrio definidos anteriormente foi superestimado. Os resultados mostraram que o período de 80 minutos, relativamente curto, já é suficiente, o que revela a casca de arroz como material eficiente na adsorção desse poluente.

Para um efeito visual, a **Figura 7** mostra a biomassa preenchida pelo corante (A); e confirma a eficiência do processo, comparando a solução de azul de metileno inicial (B) com a solução ao final do processo (C), a qual já se apresentou relativamente mais clarificada.

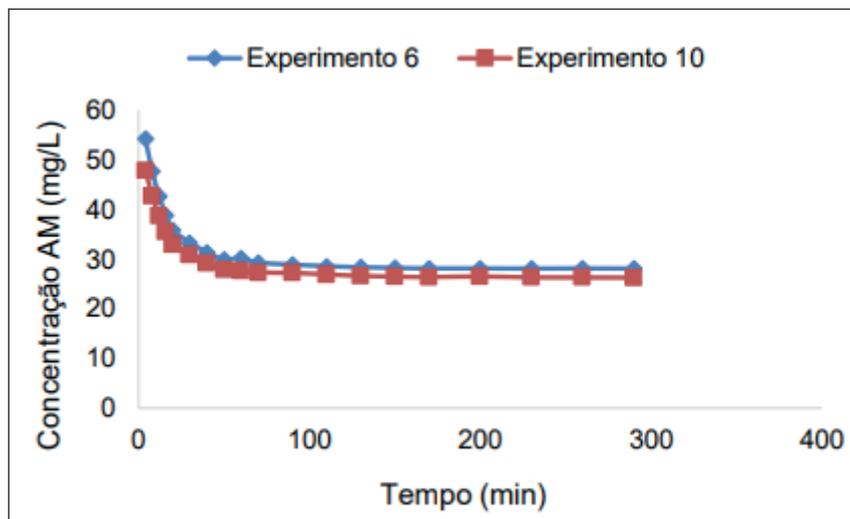
Figura 7. Azul de metileno adsorvido pela biomassa.



Fonte: Do Autor (2017).

As **Figura 8, 9 e 10** foram elaboradas a fim de analisar o efeito de cada variável no processo de adsorção.

Figura 8. Cinética de adsorção para experimentos 6 e 10, variando a quantidade de Biomassa em 0,100 gramas.



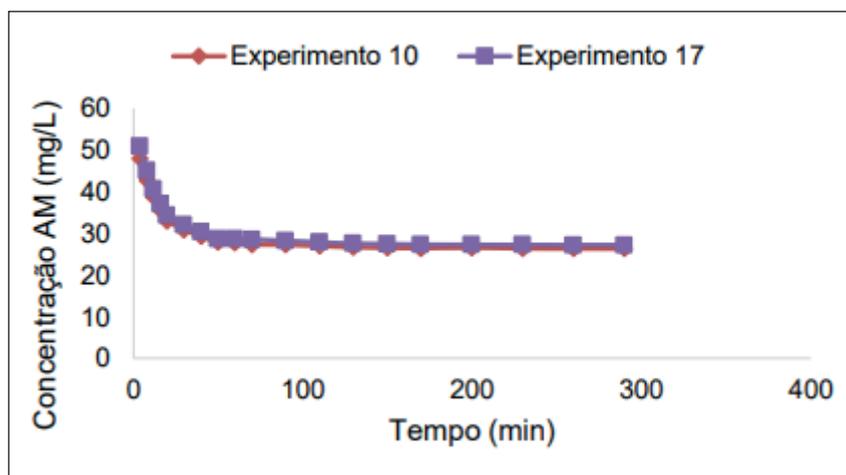
Fonte: Do Autor (2017).





Nota-se que a influência da biomassa é positiva com o aumento da quantidade da mesma, pois isso aumenta a superfície de contato e conseqüentemente a eficiência da adsorção. Para ambos os resíduos, a velocidade de remoção foi mais rápida, inicialmente em virtude da maior área de superfície disponível recobrando toda a superfície externa, seguindo lentamente para a superfície interna do adsorvente (CARVALHO *et al.*, 2010).

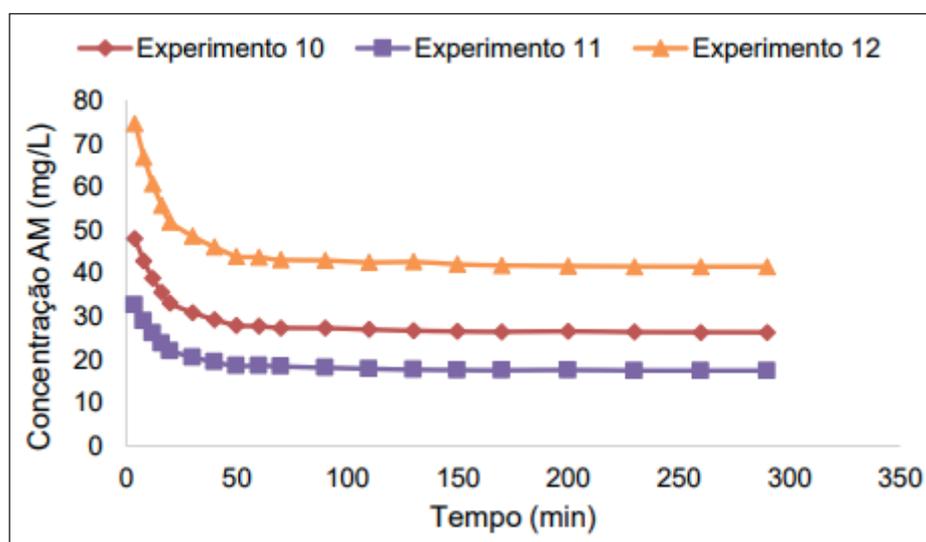
Figura 9. Cinética de adsorção para experimentos 10 e 17, variando o pH.



Fonte: Do Autor (2017).

Ao variar o pH da solução percebe-se que a eficiência da adsorção foi reduzida. Isso pode ser explicado pelo fato do azul de metileno ser uma molécula de caráter catiônico, desse modo, em pH ácido, uma competição entre os íons H^+ em solução e essas moléculas acontece, o que diminui a eficiência de adsorção nesse pH (CARVALHO *et al.*, 2010).

Figura 10. Cinética de adsorção para experimentos 10, 11 e 12, variando a concentração inicial de azul de metileno nos valores de 80, 125 e 200 mg/L.



Fonte: Do Autor (2017).

A **Figura 10** revelou que o aumento gradativo da concentração aumentou a eficiência de adsorção. Ao aumentar a concentração inicial de azul de metileno, haveria mais





espécies distribuídas na superfície do adsorvente, o que contribui para uma maior formação de ligações químicas na superfície. Nota-se também que ao atingir a saturação, não ocorre mais o processo de adsorção, e o excesso de soluto pode ter gerado competição (CARVALHO et. al., 2010).

As simulações foram conduzidas com auxílio do aplicativo *STATISTICA*, de acordo com cada conjunto de parâmetros fornecidos pelo PCC. Os resultados experimentais de adsorção para a CA foram armazenados na **Tabela 2**.

A análise estatística, simulada com base no planejamento composto central, facilita o melhor entendimento do efeito das variáveis em questão sobre a resposta. O coeficiente de relação obtido (R^2) foi de 0,93818, valor consideravelmente bom, garantindo assim que o ajuste no modelo das simulações foi satisfatório. O nível de significância do teste projetado foi de 5% e, a **Tabela 3** apresenta o efeito dos parâmetros significativos sobre a eficiência da adsorção de cada experimento.

Tabela 2. Matriz do PCC com os valores de respostas e suas respectivas eficiências.

Experimento	Concentração. AM (mg/L)	pH	Biomassa para 100 ml solução	Concentração. AM (mg/L)	pH	Biomassa (g) para 100 ml solução	Eficiência
1	+1	+1	-1	170	8	0,300	0,696
2	0	+1	-1	125	8	0,300	0,693
3	-1	-1	-1	80	6	0,300	0,666
4	+1,682	0	-1	200	7	0,300	0,729
5	+1	0	0	170	7	0,400	0,779
6	0	0	0	125	7	0,400	0,775
7	-1	-1,682	0	80	5	0,400	0,672
8	-1,682	+1	0	50	8	0,400	0,683
9	+1	+1	-1,682	170	8	0,200	0,657
10	0	0	+1	125	7	0,500	0,790
11	-1	0	+1	80	7	0,500	0,782
12	+1,682	0	+1	200	7	0,500	0,793
13	+1	-1	+1	170	6	0,500	0,786
14	0	+1,682	-1	125	9	0,300	0,688
15	-1	0	0	80	7	0,400	0,773
16	-1,682	0	+1,682	50	7	0,600	0,794
17	0	-1	+1	125	6	0,500	0,783

Nota-se que as variáveis de efeito linear (L) e as variáveis de efeito quadrático (Q) podem interferir tanto positivamente quanto negativamente no processo de adsorção. As variáveis





Concentração (L), pH (L) e Biomassa (L) geram efeitos positivos na resposta, ou seja, quanto maior forem os seus respectivos valores, melhor será a eficiência do processo. Já as variáveis Concentração (Q), pH (Q), Biomassa (Q) e as interações Concentração e pH, Concentração e Biomassa, pH e Biomassa geram efeitos negativos na resposta.

Tabela 3. Efeitos reais, desvio padrão do PCC e coeficiente de regressão relacionados aos valores de eficiência obtidos em cada experimento.

Fator	Efeito	Desvio	p	Limite de confiança 95 %	Limite de confiança 95%	Coeficiente
Média	0,768	0,010	0,000	0,744	0,793	0,768
Concentração mg L ⁻¹ (L)	0,031	0,016	0,096	-0,007	0,069	0,015
Concentração mg L ⁻¹ (Q)	-0,022	0,016	0,208	-0,059	0,015	-0,011
pH (L)	0,007	0,017	0,677	-0,032	0,047	0,004
pH (Q)	-0,029	0,016	0,123	-0,067	0,010	-0,014
Biomassa g (L)	0,088	0,014	0,000	0,055	0,120	0,044
Biomassa g (Q)	-0,016	0,015	0,320	-0,052	0,020	-0,008
Concentração e pH	-0,000	0,023	0,998	-0,055	0,055	0,000
Concentração e Biomassa	-0,012	0,014	0,393	-0,045	0,020	-0,006
pH e Biomassa	-0,002	0,035	0,960	-0,085	0,081	-0,001

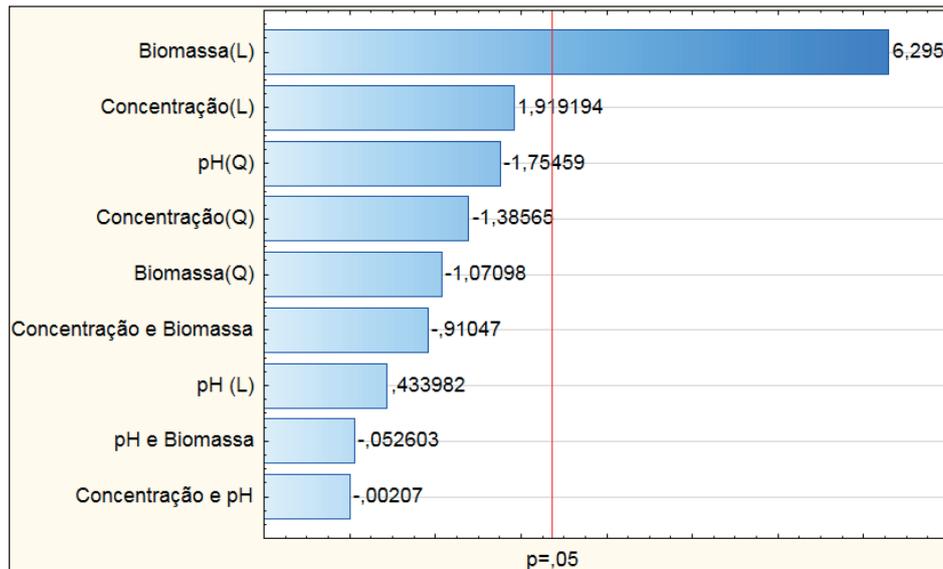
A equação do modelo, que representa a eficiência da adsorção simulada sobre os dados obtidos experimentalmente, está representada pela **Equação 6**, formulada a partir dos coeficientes encontrados na **Tabela 3**.

$$EF = 0,768 + 0,015x_1 - 0,004x_2 - 0,014x_2^2 + 0,44x_3 - 0,008x_3^2 - 0,012x_2x_3 - 0,002x_2x_3 \quad (6)$$

Para a visualização dos efeitos das variáveis na resposta utilizou-se também o gráfico de Pareto, ilustrado na **Figura 11**, muito utilizado para análises qualitativas e que ordena as frequências, da maior para a menor relevância.



Figura 11. Gráfico de Pareto do processo de adsorção do AM na CA.

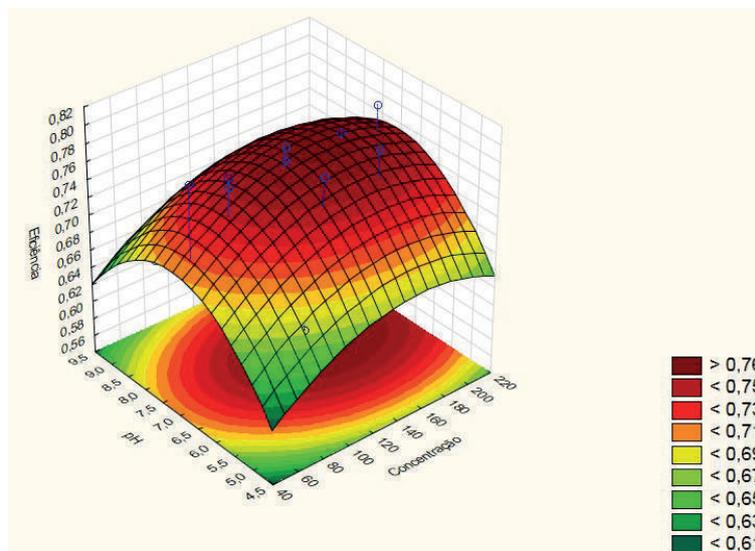


Fonte: Do Autor (2017).

A variável Biomassa (L), quando comparado às outras variáveis, possui uma maior influência no processo de adsorção, pois é nela que se encontram os sítios de adsorção e quanto maior a quantidade de biomassa mais eficiente é o processo. Embora as variáveis concentração (L) e pH (L) representem alguma influência, seus valores para os efeitos são mais baixos.

Para visualizar o efeito das variáveis na resposta, plotaram-se superfícies de resposta. A primeira analisada é da eficiência em função do pH e da concentração, **Figura 12**.

Figura 12. Superfície de resposta em função do pH e concentração.



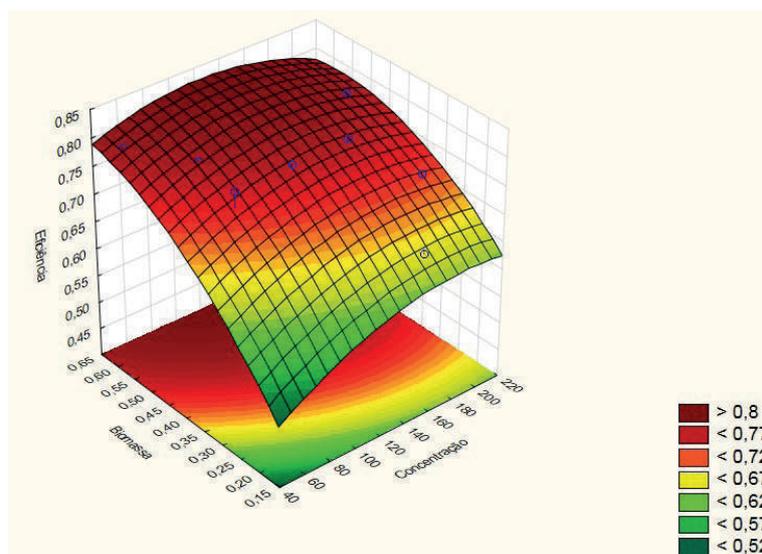
Fonte: Do Autor (2017).

É possível observar que o melhor rendimento em função do pH e concentração encontra-se na maior concentração inicial de AM associada a um pH neutro. Além disso, é notável a variação da eficiência ao modificar-se a interação dessas duas variáveis.



A superfície de resposta que relaciona a eficiência em função da biomassa e da concentração é a **Figura 13**.

Figura 13. Superfície de resposta em função da biomassa e concentração.



Fonte: Do Autor (2017).

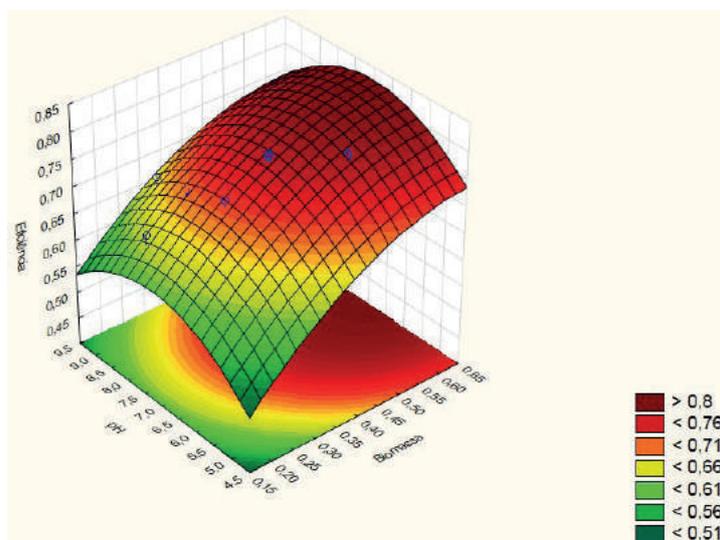
Nota-se que a melhor eficiência encontrada está localizada na maior concentração inicial de AM associada com a maior quantidade de biomassa, sendo o percentual desse valor maior que 80. O oposto a isso ocorre no menor valor dessas respectivas variáveis. Além disso, com esse gráfico é possível observar a variação da eficiência ao modificar-se a interação dessas duas variáveis.

Por fim, na **Figura 14** tem-se a superfície que relaciona a eficiência em função da pH e da biomassa. Nota-se que a maior eficiência é intrínseca a maior biomassa associada ao pH neutro. É visível também que, independentemente do pH, a eficiência é significativamente alterada pela quantidade de biomassa utilizada. Obtiveram-se elevadas eficiências para maiores valores de quantidade de biomassa.

Depois das superfícies de resposta, observa-se que é possível obter um ponto ótimo de operação no processo de adsorção estudado. O maior valor de eficiência foi obtido para altas quantidades de biomassa, com influência sutil da concentração inicial da solução de AM e pH, o que condiz com a equação obtida. Portanto o ponto ótimo é o que possui maior biomassa, maior concentração inicial de azul de metileno e pH neutro.



Figura 14. Superfície de resposta em função do pH e biomassa.



Fonte: Do Autor (2017).

Fez-se uma análise da isoterma de equilíbrio para o experimento 16, escolhido por ter o melhor rendimento. Os parâmetros aparecem na **Tabela 4**, cujos resultados revelam que o modelo de Langmuir é o mais adequado.

Tabela 4. Parâmetros para os modelos de Langmuir e Freundlich.

Langmuir			Freundlich		
		Erro (+/-)			Erro (+/-)
qmax	0,193	0,002	m	0,369	0,012
b	0,452	0,015	k	0,074	0,001
R ²	0,994		R ²	0,986	-
Qui ²		0,0000065	Qui ²		0,0000153

■ CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou que a casca de arroz possui boa capacidade em adsorver o corante azul de metileno nas condições estudadas. A análise estatística determinou que a biomassa é a variável mais significativa do processo. Observou-se também que a interação entre pH e biomassa tem efeitos negativos, pois variando o valor do pH, a eficiência do processo diminuiu. A condição ótima do processo foi a do experimento 16, com eficiência de 79,4%, sendo os parâmetros: menor concentração de AM, pH igual a sete e maior biomassa. O tempo de contato necessário para o estado estacionário foi próximo ao tempo de 80 minutos para todos os experimentos. Dos modelos de isotermas testados o que gerou uma confiabilidade maior foi o modelo de Langmuir.

■ REFERÊNCIAS

1. BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S. & BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. 4^a ed., Bookman, 2010.
2. BRINQUES, G. B. **Adsorção de Tolueno de Solução Aquosa em Leito de Carvão Ativado em Planta Piloto**. Dissertação de Mestrado, UFRS, Porto Alegre, 2005.
3. KUNZ, A.; ZAMORA, P. P.; MORAES, S. G.; DURÁN, N. **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis**. Química Nova, v.25, p.78-82, 2002.
4. LUZZIETTI, M., WATANABE, M., CARVALHO, A. P., YAMAGUCHI, C. K., JENOVEVA, R. **ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DA CASCA DE ARROZ NA PRODUÇÃO DE BIOENERGIA NO MUNICÍPIO DE TURVO/SC**. UNESC. Santa Catarina, 2014.
5. McCABE, W. L., SMITH, J. C., HARRIOT, P. **Unit Operations of Chemical Engineering**. McGraw Hill International Ed., 7th ed., 2004.
6. MUSTAFA T. Y, TUSHAR K. S. SHARMEEN A, ANG, H.M. **Dye, and its removal from aqueous solution by adsorption: A review**. *Advances in Colloid and Interface Science*. Volume 209, 2014.
7. SILVA, A. T. **Influência da Temperatura na Adsorção do Corante Azul de Metileno Utilizando Serragem de *Pinus Elliottii* como Adsorvente Alternativo: Modelo para Tratamento de Efluentes Têxteis**. UFSC, Florianópolis, nov. 2005.
8. SILVA, A. C.; CIUFFI, K. J.; NASSER, E. J. CALEFI, P. S.; de FARIA, E. H. **Adsorção do Corante Azul de Metileno em Caulinita Funcionalizada com β -alanina**. X Encontro Brasileiro sobre Adsorção. Guarujá-SP, abr. 2014.
9. SCOTTI, R.; LIMA, E. C.; BENVENUTI, E.V.; PIATNICKI, C. M. S.; DIAS, S. L. P.; GUSHIKEM, Y.; KUBOTA, L. T. **Azul de metileno imobilizado na celulose/TiO₂ e SiO₂/TiO₂: propriedades eletroquímicas e planejamento fatorial**. Química Nova, v. 29, n. 2, p. 208-212, 2006.

Aspectos e comportamentos ergonômicos no teletrabalho

| **Matheus de Oliveira**
UDESC

| **Sandro Keine**
UDESC

RESUMO

O fenômeno do teletrabalho, que já era aplicado em alguns setores e empresas, veio como solução fundamental para a manutenção econômica durante a pandemia de COVID-19 vivenciada em 2020. Ocorre, porém, que com a necessidade e urgência que a situação calamitosa requereu, alguns cuidados podem não ter sido tomados na transição para essa forma de trabalho, especialmente os ergonômicos. O presente artigo busca correlacionar as orientações e cuidados ergonômicos das empresas e teletrabalhadores, utilizando-se para tanto, como método, a pesquisa de forma quantitativa do tipo descritiva. Para isso, optou-se pela aplicação de um questionário online, de forma a abranger um maior número de pessoas para formação do objeto deste estudo. Suas respostas permitem a identificação do teletrabalhador, bem como as orientações recebidas acerca do tema pelo seu empregador, além dos cuidados tomados, seja por livre iniciativa ou orientação da empresa. É a partir da análise quantitativa desses casos concretos, que o trabalho colabora para a compreensão dos aspectos ergonômicos, demonstrando que as ações de orientações ergonômicas dos empregadores acarretam um maior cuidado ergonômico do teletrabalhador, podendo se tornar importante fonte de informação útil às empresas para futuras implementações de teletrabalho.

Palavras-chave: Teletrabalho, Ergonomia, Home Office, Trabalho Flexível.



■ INTRODUÇÃO

A globalização traz consigo um aumento significativo da concorrência e da mobilidade profissional (GRECO; MARTINS, 2001). Em decorrência desse fenômeno observa-se que cada vez menos o Estado interfere nas questões corporativas, e cada vez mais tem-se um binômio entre alta tecnologia e baixos salários (MANNRICH *apud* WINTER, 2005). Concomitante à alta tecnologia há o crescimento do trabalho intelectual, ou seja, aquele que depende mais do conhecimento especializado do que de máquinas ou ferramentas específicas. Esse tipo de trabalho, muitas vezes, não demanda que o funcionário ocupe um espaço físico no escritório, como na “visão clássica” de trabalho, ele pode ser realizado à distância, em casa, na estrada ou em qualquer outro local (KUGELMASS, 1996). Como decorrência disso, há um aumento da qualidade de vida daquele que o faz, seja por reduzir o tempo e custos do deslocamento até o emprego, pela autonomia dos horários e métodos, por poder trabalhar cuidando dos filhos, entre outros benefícios, fatores esses que o tornam desejado por muitos profissionais e ainda incentivado pelos empregadores, já que reduz os custos com imóveis, vale- transporte, café, despesas de água, luz, entre outros (WINTER, 2005). Por essas e outras vantagens o teletrabalho está avançando rapidamente nos últimos tempos (BLUEPRINT *apud* SOUZA, 2005, p.5).

No final do ano de 2019 o mundo todo observou o surgimento de um novo e mortal vírus, que desencadeia uma doença nomeada COVID-19, cujo alto potencial de contágio e elevada taxa de letalidade, fez governos em diversos continentes passarem a adotar a quarentena obrigatória, mantendo-se apenas serviços considerados essenciais em funcionamento, a exemplo de mercados, farmácias e serviços hospitalares. A situação suprarreferida fez com que 43% das empresas adotassem o esquema de teletrabalho para seus empregados (VALOR, 2020).

Sabe-se que o trabalho remoto é um desafio aos sistemas produtivos tradicionais, especialmente por exigir flexibilização na forma da gestão da produção (WINTER, 2005). Podemos dizer que nem todos estão preparados para a implementação desse serviço à distância, seja por deixar de lado importantes questões de ergonomia (HARRINGTON; WALKER *apud* SOUZA, 2005), ou ainda por exigir um maior grau de autonomia do trabalhador (JARDIM, 2003).

É nesse contexto, extremamente atual, que se justifica a elaboração do presente artigo, tornando possível que, através das conclusões do estudo realizado, possa-se entender um pouco mais acerca dos problemas vivenciados pelos trabalhadores na transição do trabalho físico para o teletrabalho, especialmente no aspecto ergonômico, que influencia diretamente na saúde do empregado e na responsabilidade do empregador.





■ REVISÃO DE LITERATURA

Para a revisão de literatura foram abordados temas de relevância para o presente trabalho, analisando-se artigos pesquisados nos periódicos a partir da utilização de palavras-chaves acerca do assunto, além de livros, leis e demais publicações acerca dos temas compreendidos, empregando-se fontes clássicas e atuais. Foi constatada a existência de muitos trabalhos a respeito da ergonomia nos mais diversos postos de trabalhos, mas raros abordam o tema no teletrabalho especificamente, destes, pode ser citada a dissertação de engenharia de Oliveira (1996) na qual se aborda o tema proposto.

Teletrabalho

A partir da década de 50, o surgimento do computador trouxe inúmeras transformações aos centros de produções. Já nos anos 80, com o início do “boom” tecnológico, adveio a necessidade de um reajustamento social e político, ocorrendo o aumento do desemprego industrial, e fazendo surgir novos setores da produção, como os de serviços e financeiros (ANTUNES, 1995).

Teletrabalho é o fenômeno que ocorre quando o trabalho convencional passa a ser realizado longe dos escritórios, colegas de serviço, e centros de produções, com auxílio e utilização da tecnologia da informação para comunicação independente (MOTTA *apud* MIRA, 2004). Nesse tipo de trabalho, empregados e gestores acessam as informações profissionais de locais remotos (PÉREZ *et al.*, 2004).

O surgimento do teletrabalho deu-se primeiramente com pequenas tarefas, e foi somente com o decorrer do tempo que passaram a ser realizadas atividades de maior complexidade (SHIN; SHENG; HIGA, 2000). Não se sabe exatamente onde e quando começou essa espécie de trabalho à distância, mas um dos seus primeiros registros é de 1857, quando J. Edgard Thompson, proprietário da Estrada de Ferro Penn, administrou algumas divisões de forma remota, com o auxílio de um sistema particular de telégrafo da sua companhia, delegando a mão de obra e o controle de equipamentos a funcionários (KUGELMASS, 1996).

O célebre escritor brasileiro Monteiro Lobato, na obra o Presidente Negro, datada de 1926, já previa que em dado momento os trabalhadores não mais utilizariam o sistema de transporte para ir até o local de trabalho e teriam a possibilidade de realizar o serviço em casa (CRISTALDO, 1998).

A legislação brasileira passou a prever o teletrabalho e suas condições na Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), a partir da reforma trazida pela Lei 13.467 de 2017. Dessa forma, o instituto passou a ser conceituado no art. 75-B, que dispõe que o teletrabalho é qualificado como a prestação de serviços realizada preponderantemente fora das acomodações





do empregador, utilizando-se de tecnologias de informação e comunicação que, dada sua natureza, não seja considerada simples trabalho externo. Algumas alterações são trazidas com a mudança para o teletrabalho, por exemplo, a retirada de benefícios como refeições e transporte e o acréscimo de auxílios para internet e equipamentos.

Por permitir uma melhor gestão de tempo e reduzir o estresse com os deslocamentos entre o lar e o trabalho, verifica-se uma maior produtividade no teletrabalho do que no serviço tradicional (WINTER, 2005). Segundo Kugelmass *apud* Winter (2005) há diversos estudos que demonstram um aumento de produtividade pelos teletrabalhadores, sendo que um dos principais motivos que contribuiria para esse resultado seria a maior capacidade de lidar com os conflitos familiares, haja vista possuir maior autonomia nos horários, e ainda estar mais próximos aos entes queridos.

Há também o fato de que o atendimento ao cliente pode ser ampliado para horários menos convencionais, uma vez que não há horário fixo para a realização do trabalho. Essa modalidade também reduz a rotatividade, pelo fato de acarretar a redução dos custos da empresa com treinamento e, conseqüentemente aumentando a produtividade, pois os profissionais já possuem maior familiaridade e conhecimento dos produtos e procedimentos da empresa (MANOOCHEHRI; PINKERTON, 2003).

Deve-se ressaltar, no entanto, que a alta produtividade no teletrabalho não deve implicar no aumento da jornada laboral. É fundamental que os trabalhadores respeitem os horários, para que não se aumente a duração de suas atividades de forma desenfreada, o que pode trazer riscos associados à intensidade.

Vantagens e Desvantagens do Teletrabalho

Podemos classificar as vantagens e desvantagens do teletrabalho sob três óticas: a do trabalhador, a do empregador e a da sociedade. Sob o primeiro prisma, do trabalhador, temos inúmeras vantagens, como: flexibilidade das horas de trabalho; possibilidade de participação mais ativa de idosos e deficientes no mercado de trabalho; liberdade em relação ao uso de uniformes; diminuição ou eliminação do tempo de deslocamento casa-trabalho-casa; adaptação do ritmo profissional ao ritmo familiar/pessoal; e diminuição dos níveis de estresse e ansiedade (KANTER, 2010).

Em contrapartida, deve-se salientar que nem todos são pontos positivos, portanto, quanto aos aspectos negativos, temos: isolamento social; redução do espaço físico do lar; aumento dos custos pessoais; perdas dos benefícios profissionais; maior dificuldade de crescimento profissional; dificuldade de separar a vida pessoal e profissional; e, conseqüentemente, jornadas de trabalho mais extensas. Além disso, há ainda a falta de clareza da legislação nacional sobre a regulamentação do teletrabalho, o que pode ensejar insegurança





jurídica no campo do direito do trabalho, não só para o empregado, como para o empregador. Tendo-se em mente os aspectos negativos suprarreferidos, deve-se ressaltar que empresas como a Best Buy e o Yahoo já utilizavam o home office, mas interromperam a prática devido a ausência de comprometimento dos seus colaboradores (ÉPOCA, 2013).

Ainda que o exposto acima seja levado em consideração, a *World Economic Forum* (2020) realizou uma pesquisa com teletrabalhadores durante a Coronacrise e, restou evidenciado que 98% dos entrevistados gostariam de continuar realizando seu trabalho de forma remota, ao menos em parte do tempo, pelo resto de suas respectivas carreiras.

No que tange às empresas, as vantagens consideradas podem ser: redução de utilização de espaços; redução de custos (com custos fixos transformando-se em variáveis); melhora da imagem da empresa frente aos clientes e à sociedade; e maior produtividade. Porém, as principais desvantagens são: menor identificação do colaborador com a instituição; dificuldade de avaliação de produtividade; falta de visibilidade; dificuldade de crescimento na carreira dos teletrabalhadores em função da dificuldade dos gestores em analisar a produtividade (MARTINEZ-SANCHES *et al.*, 2007); alto investimento em tecnologia da informação; e aumento da insegurança laboral.

A sociedade também sente os impactos do teletrabalho, com a redução no trânsito em decorrência da diminuição do fluxo de veículos, minimizando, inclusive, a poluição e permitindo que os moradores interajam mais tempo com sua comunidade local. Em contrapartida, os grandes centros comerciais sofrem com a falta do volume de pessoas, e, por sua vez, as redes de internet e eletricidade podem não suportar o tráfego intenso utilizado para essas operações.

Ergonomia

A ergonomia se apresenta como uma interdisciplina, em outras palavras, seus conhecimentos têm origem em diversas áreas do conhecimento, cujo objetivo é estudar e otimizar a relação entre homem e trabalho como um todo, analisando seus equipamentos, ambiente e relações, para assim, buscar adequar esse conjunto a suas características, de forma a eliminar condições de insegurança, ineficiência, desconforto ou insalubridade. Para que se tenha noção de sua abrangência, a ergonomia reúne conceitos de filosofia, medicina, físico-química, fisiologia, engenharia de produção, entre outros (VIDAL, 2000). É correto dizer, portanto, que os conceitos utilizados por essa disciplina não são criações exclusivas dela, porém a metodologia de que se utiliza para organizar e aplicar esses conhecimentos são, de fato, da ergonomia.

Assim como o é com o teletrabalho, não é possível precisar exatamente onde, quando e como iniciaram-se os estudos ergonômicos. Pesquisas apontam que na pré-história





as ferramentas já sofriam alterações de tamanhos para facilitar os respectivos manuseios; ainda no Egito antigo, já haviam recomendações ergonômicas para a construção civil, por exemplo. A primeira vez que Ergonomia foi definida cientificamente se data de 1857, como sendo a junção de dois termos gregos “*Ergos*”, cujo significado é “trabalho”, e “*Nomos*”, que pode ser traduzido por “leis”. Buscava compreender o esforço, pensamento e os relacionamentos profissionais (KARWOWSKY *apud* VIDAL, 2000).

Oficialmente, apenas em 1949, com o surgimento da *Ergonomics Research Society* é que foi criada a Ergonomia propriamente dita (ILDA, 2005), que inicialmente surgiu mais como uma ciência dos fisiologistas e profissionais da saúde, para, por volta do início do século XX, passar a ser mais estudada pelos engenheiros industriais.

A essa altura, importa salientar que a ergonomia possui as mais diversas aplicações práticas e cotidianas. Por óbvio, nesse estudo, estamos tratando da ergonomia aplicada ao setor produtivo, relacionada à adaptação ao teletrabalho, porém ela pode ser aplicada nos mais diversos setores industriais (no aperfeiçoamento de máquinas ou equipamentos e também treinamentos de operários) ou de serviços, assim como na qualidade de vida das pessoas, nas atividades domésticas e até de lazer, podendo ser observada na qualidade de produtos, através de inúmeros testes de segurança e desempenho.

Como disciplina, seu objetivo é principalmente a saúde e segurança dos trabalhadores, identificando riscos e buscando minimizá-los, sempre tentando maximizar sua satisfação e motivação profissional, visando a uma maior produtividade. Em suma, podemos dizer que a ergonomia busca a melhor adaptação do ambiente ao homem, com o objetivo final de otimizar as condições de serviço, de forma a assegurar que sua saúde não será comprometida (SANTOS; SILVA; CARVALHO, 2017). Já como aplicação prática, assevera-se que o foco da ergonomia é, sem dúvidas, modificar o sistema de trabalho de forma realista, mas também efetiva, em outras palavras, seu foco é viabilizar mudanças a partir da compreensão elaborada em cima da realidade de certa atividade analisada.

Para Abergo (2020) a ergonomia pode ter 3 classificações: ergonomia física, cognitiva e organizacional, nas quais se referem, respectivamente, aos estudos fisiológicos, aos processos mentais e à cultura organizacional. Já para Ilda (2005), a ergonomia pode se classificar nas 4 seguintes áreas: ergonomia da concepção, que ocorre no momento do projeto; ergonomia de correção, cujo objetivo é solucionar um problema já verificado; ergonomia de conscientização, através da qual se busca capacitar os profissionais, para que os próprios possam corrigir erros diários e emergenciais; e a ergonomia de participação, aquela que engloba o usuário na resolução do problema ergonômico.

No Brasil, há uma Norma Regulamentadora específica para a ergonomia, instituída pelo Ministério do Trabalho e Previdência Social, a NR17, baixada pela Portaria n. 3.751 em





23.11.1990. Na suprarreferida norma, determinam-se padrões sobre levantamento, transporte e descarga individual de materiais; mobiliário dos postos de trabalho; equipamentos dos postos de trabalho; condições ambientais de trabalho; e organização do trabalho. Esses padrões ensejam a possibilidade de adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas de cada trabalhador, sendo que caberá ao empregador realizar um estudo dos postos de trabalhos para que, de acordo com a norma se possa determinar as condições de trabalho (SOARES; MEDEIROS; NETO, 2017).

Ergonomia no teletrabalho

O espectro de atuação da ergonomia deixou de ser apenas industrial, e expandiu-se para todas as áreas de produção, como agricultura e serviços. Podemos compreender a ergonomia como uma atitude profissional, e como tal, muitas vezes é desrespeitada ou mal compreendida pelos trabalhadores que não lhe dão a importância devida. Uma das maiores dificuldades da ergonomia no teletrabalho se dá pela falta de fiscalização e análises reais, dificultando seus estudos.

A maior dificuldade do estudo ergonômico no teletrabalho se dá em razão do fato de que cada teletrabalhador desenvolve estações de trabalho diferentes, além de horários que podem impactar em fatores como ruídos, vibrações e iluminação. Por isso, a ergonomia necessita de uma maior adaptabilidade ao teletrabalho, uma vez que é realizada em um ambiente informal e familiar (OLIVEIRA, 1996). Outro aspecto a se levar em conta nessa melhor adequação é o fato de que o teletrabalho se encontra em grande parte inserido no setor de serviços, o que atrai o desempenho por idosos, mulheres com filhos, e até pessoas com necessidades especiais.

Quanto à inserção do teletrabalho no domicílio em meio à situação pandêmica atual, deve-se levar em consideração que houve uma transição forçada para essa forma de trabalho em razão da quarentena, em razão disso, muitos trabalhadores não tiveram tempo de se organizar para sua realização, visto que a realidade é que nem todos possuem uma cadeira adequada à atividade profissional, o mesmo pode-se dizer em relação à mesa ou à iluminação do ambiente que dispõe para trabalhar.

Além disso, muitos não possuem o mínimo conhecimento da necessidade dos instrumentos e ambiente aptos a colaborar para uma jornada segura e salubre, motivo pelo qual o presente estudo torna-se relevante, no intuito de avaliar, também, o nível de responsabilidade do empregador para com seus trabalhadores. Em uma realidade ideal, o empregador deverá instruir seus empregados, de maneira expressa e sobremaneira ostensiva, quanto às precauções que devem ser tomadas no chamado “*home-office*”, a fim de evitar doenças e acidentes de trabalho, em especial os evitáveis com boas práticas de ergonomia.





Na ergonomia não há uma solução universal, tendo-se que efetuar o estudo casuístico (SPERANDIO, 1989), e isso se torna ainda mais complicado em ambientes de teletrabalho, onde uma solução utilizada em uma estação, pode ser problemática em outra, devendo-se sempre levar em consideração as diferenças individuais dos trabalhadores e mobiliários, considerando as especificidades de cada ambiente. Como dito anteriormente, o foco da ergonomia é viabilizar mudanças a partir da compreensão elaborada sobre a realidade de certa atividade, sendo assim, também no teletrabalho, a aplicação correta da ergonomia apoia-se em um estudo aprofundado do caso de teletrabalho que visa-se modificar, incluindo as mais diversas variáveis que podem interferir em cada ocasião.

Importa ressaltar que a utilização de equipamentos ditos ergonômicos, por si só, não é suficiente para a obtenção de bons resultados. Isso quer dizer que a ergonomia não é resultado exclusivo das características dos equipamentos utilizados, mas é definida especialmente pela interação desenvolvida entre o utilizador e o objeto. Por isso, o mais importante na ergonomia no teletrabalho é a capacitação dos teletrabalhadores com treinamentos, bem como reciclagens, a respeito do tema, para que se conscientizem de práticas corretas e de cunho universal.

Algumas práticas podem ser sugeridas, mas, como dito anteriormente, não há um manual universal. Inicialmente, é fundamental determinar um local de trabalho adequado, onde haja privacidade, baixa movimentação, a fim de evitar interrupções indesejadas, e preferencialmente que tenha algum isolamento acústico. Interessante que seja um ambiente com cores que estimulem a criatividade, e obrigatoriamente com boa ventilação, temperatura e iluminação. Em alguns casos, como os dos que utilizam equipamentos elétricos/eletrônicos de alta potência, é importante observar a tensão suportada pela rede do local. O mobiliário também deve ser adequado, utilizando-se uma mesa de escritório ou bancada que caiba suas pernas embaixo e todo o equipamento necessário em cima, além de uma cadeira confortável com rodízio, regulagem de altura e apoio de braços.

Caso haja a utilização de notebooks, faz-se importante o uso de monitor externo ou suporte para o notebook para não sobrecarregar o pescoço. É de grande proveito também a utilização de periféricos como mouse e teclado externo, o que também colabora de forma efetiva para a redução de fadiga e riscos de lesões. Quando houver a utilização de telefone, é relevante utilizar fones de ouvidos ou aparelhos com função viva-voz, evitando novamente a sobrecarga no pescoço. O trabalhador deve ainda se programar para que consiga realizar os intervalos, que além de serem obrigatórios por lei, são de fundamental importância para a saúde e a manutenção da produtividade. Deve-se ter cuidado no arranjo dos materiais para evitar acidentes, como por exemplo, evitando objetos pontiagudos virados para cima, além de sempre dispor de forma prática os equipamentos mais utilizados. O cuidado com a





postura é fundamental, além do que, é recomendada a realização de alongamentos antes e após o trabalho (SESI-PR, 2020).

■ METODOLOGIA

Para a fundamentação do artigo foi realizada tanto pesquisa bibliográfica, através da utilização de livros, artigos, entre outras publicações (VERGARA, 2005), de forma a permitir a criação de um referencial teórico apto à demonstração da importância do tema; quanto coleta de dados através de questionário *online*, com aptidão de promover a análise que é objetivo desse estudo.

O que irá sugerir a metodologia a ser utilizada é, conforme destaca Silverman (2009), o problema objeto do presente trabalho, qual seja, a relação entre as recomendações ergonômicas dos empregadores e as práticas adotadas ou não pelos empregados. Quanto ao método em si, foi utilizada a pesquisa sob a forma quantitativa (RICHARDSON, 1999), do tipo descritiva (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2007).

A população objeto do levantamento é formada por teletrabalhadores. A amostra foi do tipo não probabilística e o critério de seleção foi a acessibilidade, ou seja, selecionando-se os elementos pela facilidade de acesso a eles (VERGARA, 2005).

Seguindo as orientações de Cervo, Bervian e Da Silva (2007), deve ser dada fundamental importância para a fase intermediária da pesquisa, sendo ela, a coleta de dados, pois esta deve ser bem planejada a fim de obter-se dados mais úteis e que representam a realidade da situação em questão. Um dos passos descritos pelos autores na parte da coleta se dá no instrumento de coleta, que nesse caso foi um questionário dividido em identificação do perfil do teletrabalhador, as recomendações dos empregadores e as medidas adotadas pelos empregados.

O formulário será aplicado pela internet através da plataforma *Google Forms*. Para melhor visualização dos dados será utilizado auxílio do *software MS Office Excel*, para agrupamento dos dados e geração de gráficos que permitam a análise do resultado, buscando correlacionar o comportamento de pessoas e empresas referente ao teletrabalho.

A fim de elucidar o método a ser utilizado, foi elaborado o Quadro 1:



Quadro 1. Metodologia (Continua)

Etapa 1	
Objetivo	Contextualizar e entender o problema do artigo: Se houveram preocupações com as questões ergonômicas por parte das empresas e dos teletrabalhadores.
Ação	Pesquisar conteúdos acadêmicos acerca do tema proposto, contextualizando-o.
Etapa 2	
Objetivo	Pesquisar e contextualizar referencial teórico acerca dos principais tópicos do assunto: teletrabalho, vantagens e desvantagens do teletrabalho, ergonomia, ergonomia no teletrabalho.
Ação	Pesquisar conteúdos acadêmicos acerca dos assuntos, redigindo texto que os explique.
Etapa 3	
Objetivo	Definir questões fundamentais sobre o tema para elaboração de questionários.
Ação	Elaborar questionário de pesquisa quantitativa, em que o pesquisado não tenha interferência do pesquisador.

Quadro 1. Metodologia (Conclusão)

Etapa 4	
Objetivo	Coletar os dados para a pesquisa.
Ação	Efetuar a pesquisa de campo, enviando os questionários via internet para os teletrabalhadores acessíveis.
Etapa 5	
Objetivo	Analisar os dados obtidos.
Ação	Analisar os dados com auxílio do <i>software Excel</i> , eliminando os dados irrealísticos e tentando correlacioná-los em busca da elaboração do resultado.
Etapa 6	
Objetivo	Obter resultado da pesquisa
Ação	Com os dados correlacionados iremos analisar o índice de recomendações das empresas, e se os teletrabalhadores os estão seguindo ou tomando cuidados por sua conta, ou outras razões por exemplo.

Fonte: Autoria Própria (2020).

■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção trata pormenorizadamente dos resultados que foram obtidos após exame empírico. De início, será apresentada uma verificação detalhada das variáveis envolvidas na pesquisa, de forma a caracterizar os artigos em análise, para somente após, serem expostas as respectivas relações que puderam ser realizadas entre as variáveis.



Análise das Variáveis

A pesquisa foi realizada da forma já descrita na metodologia: através da aplicação de formulário pela internet, em meados do mês de maio do ano de 2020. Ao todo, 194 teletrabalhadores responderam a um questionário minuciosamente elaborado, o qual foi dividido em 4 grandes grupos, a saber: perfil dos entrevistados; orientações da empresa; cuidados tomados pelos entrevistados; e dores sentidas pelos entrevistados.

O perfil dos questionados foi formado por teletrabalhadores de diferentes áreas, idades e gêneros, porém a maioria estava dentro da faixa etária de 22 a 34 anos, cujo grau de instrução é igual ou acima de superior completo e que trabalham em nível operacional, conforme pode ser visualizado na Tabela 1 de frequência, bem como na Figura 1 de gráficos.

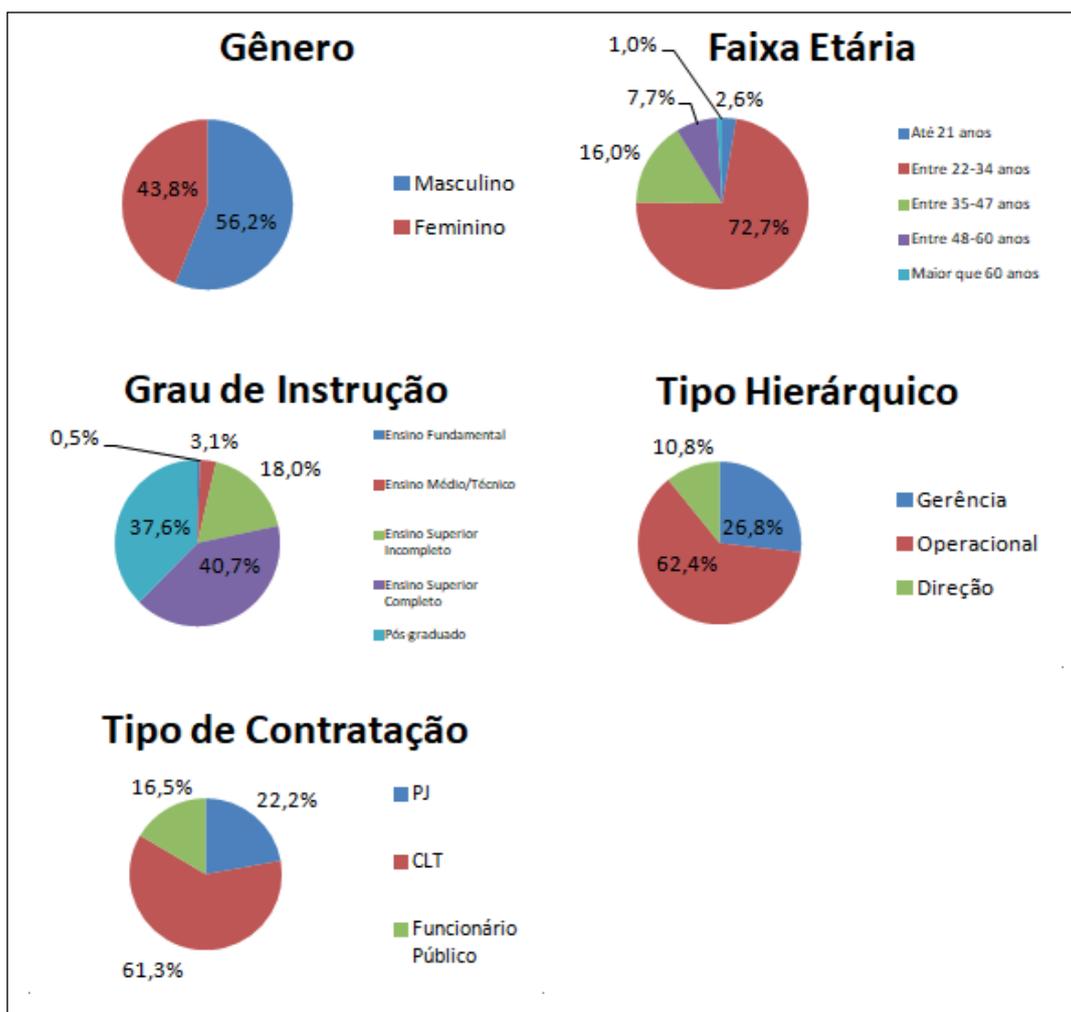
Tabela 1. Tabela de frequência do perfil dos entrevistados.

Gênero		
Masculino	109	56,2%
Feminino	85	43,8%
Faixa etária?		
Até 21 anos	5	2,6%
Entre 22-34 anos	141	72,7%
Entre 35-47 anos	31	16,0%
Entre 48-60 anos	15	7,7%
Maior que 60 anos	2	1,0%
Grau de instrução		
Ensino Fundamental	1	0,5%
Ensino Médio/Técnico	6	3,1%
Ensino Superior Incompleto	35	18,0%
Ensino Superior Completo	79	40,7%
Pós-graduado	73	37,6%
Tipo de hierarquia		
Gerência	52	26,8%
Operacional	121	62,4%
Direção	21	10,8%
Tipo de contratação		
PJ	43	22,2%
CLT	119	61,3%
Funcionário Público	32	16,5%

Fonte: Autoria Própria (2020).



Figura 1. Figura de Gráficos do Perfil.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Na segunda parte do questionário, que tratou sobre as orientações das empresas aos teletrabalhadores, fora perguntado se houve algum tipo de orientação acerca dos seguintes temas no ambiente de trabalho: ruídos sonoros, iluminação, vibrações, temperatura, postura, adequação da mesa, adequação do assento, espaço-físico utilizado, tempo máximo de jornada de trabalho, tempo de intervalo diário, folga semanal, realização de alongamentos, utilização de periféricos em notebook e o fornecimento de ferramentas para o serviço. Em caso de resposta afirmativa à existência de orientação, foi questionado ainda se a orientação fornecida se mostrou superficial ou se houve um maior detalhamento para que não houvessem dúvidas a respeito.

Segundo os dados obtidos com os entrevistados, as empresas pouco ou nada se preocuparam em orientar seus colaboradores sobre questões ergonômicas, seja por desconhecimento, ou pela falta de tempo e preparo, já que em questões de semanas houve uma brusca mudança do mundo em decorrência da atual pandemia. Tendo-se isso em conta, os temas mais orientados foram a manutenção de folgas semanais, os intervalos intrajornada e a adequação da postura corporal, enquanto que os menos orientados foram acerca das



vibrações e temperatura. Do total de entrevistados, 22 (11%) alegam não ter recebido nenhuma orientação acerca dos temas, apesar disso, mais da metade dentre eles, ou seja, 12 indivíduos receberam da empresa algum tipo de ferramenta para a realização do teletrabalho. Na contramão desse dado, apenas 11 (5,5%) dos entrevistados receberam algum tipo de orientação que englobasse todos os temas questionados nesta etapa, sendo que 4 dentre eles afirmaram ter recebido orientações detalhadas em todos os temas. A Tabela 2 e a Figura 2 demonstram os dados acerca das orientações das empresas.

Tabela 2. Tabela de frequência das orientações das empresas (continua).

Orientações sobre ruídos sonoros			Orientações sobre espaço físico		
Sim, detalhadamente	23	11,86%	Sim, detalhadamente	35	18,04%
Sim, superficialmente	40	20,62%	Sim, superficialmente	42	21,65%
Não	131	67,53%	Não	117	60,31%
Orientações sobre iluminação			Orientações sobre tempo de jornada		
Sim, detalhadamente	27	13,92%	Sim, detalhadamente	59	30,41%
Sim, superficialmente	38	19,59%	Sim, superficialmente	46	23,71%
Não	129	66,49%	Não	147	75,77%
Orientações sobre vibrações			Orientações sobre intervalos intrajornada		
Sim, detalhadamente	15	7,73%	Sim, detalhadamente	55	28,35%
Sim, superficialmente	23	11,86%	Sim, superficialmente	49	25,26%
Não	156	80,41%	Não	90	46,39%
Orientações sobre temperatura			Orientações sobre folga semanal		
Sim, detalhadamente	20	10,31%	Sim, detalhadamente	74	38,14%
Sim, superficialmente	27	13,92%	Sim, superficialmente	53	27,32%
Não	147	75,77%	Não	67	34,54%
Orientações sobre postura			Fornecimento de Ferramentas		
Sim, detalhadamente	41	21,13%	Algumas	73	37,63%
Sim, superficialmente	49	25,26%	Não	34	17,53%
Não	104	53,61%	Todas	87	44,85%

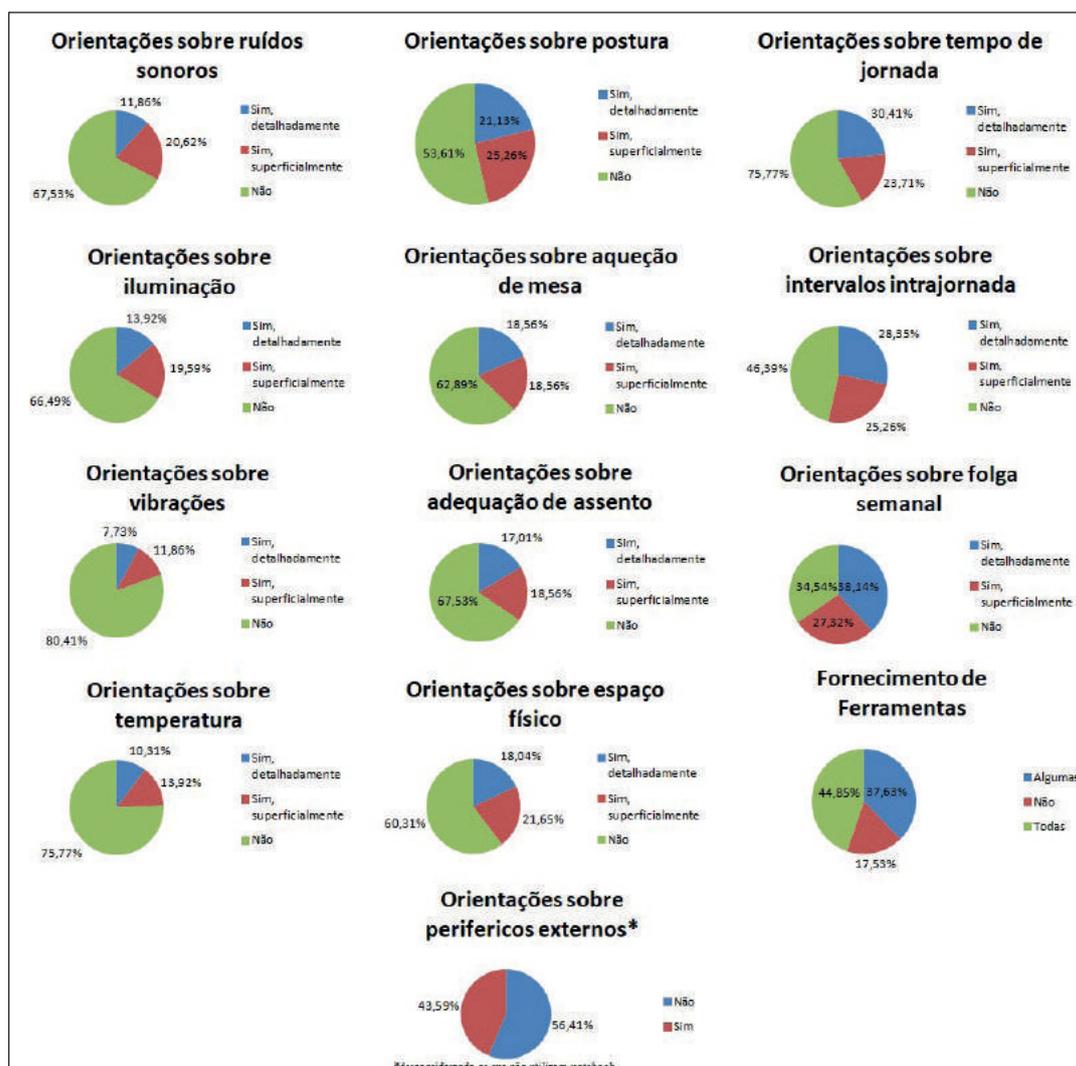
Tabela 2. Tabela de frequência das orientações das empresas (conclusão)

Orientações sobre adequação de mesa			Orientações sobre periféricos externos		
Sim, detalhadamente	36	18,56%	Não	88	56,41%*
Sim, superficialmente	36	18,56%	Sim	68	43,59%*
Não	122	62,89%	Não utilizo <i>notebook</i>	38	
Orientações sobre adequação de assento			*Considerando apenas os que utilizam <i>notebook</i>		
Sim, detalhadamente	33	17,01%			
Sim, superficialmente	36	18,56%			
Não	131	67,53%			

Fonte: Autoria Própria (2020).



Figura 2. Figura de Gráficos das orientações das empresas.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Por sua vez, a terceira parte do questionário abordava se os teletrabalhadores estariam tomando os cuidados ergonômicos necessários em um ambiente de teletrabalho. Ato contínuo, foi constatado que 16 (8%) indivíduos não estariam tomando cuidado em nenhum dos temas abordados neste estudo, sendo que 19 (10%) admitiram se preocupar com todos os temas abordados, tendo o que pode ser caracterizado ao menos como um cuidado parcial. Com auxílio da Tabela 3 e Figura 3, foi constatado que, de forma geral, as menores preocupações com os cuidados no ambiente do teletrabalhador são em relação às vibrações (61%) e aos alongamentos e ginástica laboral (63%), enquanto que se considerarmos apenas aqueles que tiveram algum tipo de cuidado, os temas de maior cautela são: folga semanal (77%), intervalo intrajornada (69%), utilização de periféricos no *notebook* (68% daqueles que utilizam *notebook*), iluminação (67%), utilização de espaço físico predeterminado (66%), postura corporal (65%) e adequação da mesa de trabalho (63%). Entre os indivíduos que alegaram estar tomando parcialmente os cuidados questionados, as maiores preocupações estão na postura corporal (50%), intervalos intrajornada (41%) e ruídos sonoros (40%), já



entre aqueles que admitiram tomar total cuidado, os temas principais são as folgas semanais (45%), utilização de espaço físico preestabelecido (36%) e iluminação (29%).

Em uma pesquisa similar sobre ergonomia e home office, restou demonstrado que as adaptações mais recorrentes nos ambientes de teletrabalho dos indivíduos foram com implementos relacionados à iluminação, mesas, cadeiras e algumas adaptações de ambiente propriamente dito (CASTAÑO, 2016), sendo assim, é possível se depreender que as preocupações dos entrevistados são bastante semelhantes às preocupações dos teletrabalhadores questionados no presente trabalho.

Tabela 3. Tabela de frequência dos cuidados tomados pelos profissionais (continua).

Cuidados com ruídos sonoros			Cuidado com o espaço físico		
Não	78	40%	Não	66	34%
Parcialmente	79	41%	Parcialmente	58	30%
Totalmente	37	19%	Totalmente	70	36%
Cuidados com iluminação			Cuidado com intervalo intrajornada		
Não	64	33%	Não	60	31%
Parcialmente	74	38%	Parcialmente	81	42%
Totalmente	56	29%	Totalmente	53	27%
Cuidado com vibrações			Cuidado com folga semanal		
Não	119	61%	Não	44	23%
Parcialmente	49	25%	Parcialmente	61	31%
Totalmente	26	13%	Totalmente	89	46%

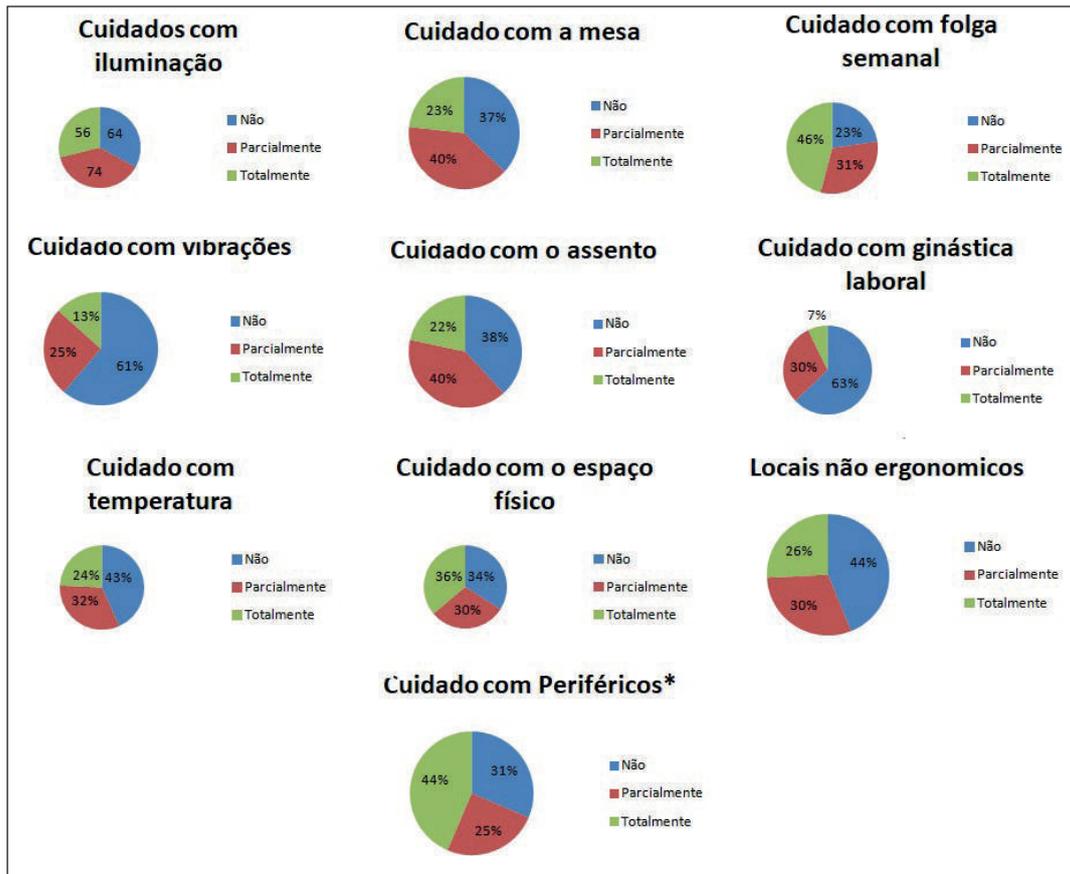
Tabela 3. Tabela de frequência dos cuidados tomados pelos profissionais (conclusão).

Cuidado com temperatura			Cuidado com ginástica laboral		
Não	84	43%	Não	122	63%
Parcialmente	63	32%	Parcialmente	58	30%
Totalmente	47	24%	Totalmente	14	7%
Cuidado com postura corporal			Cuidado com Periféricos*		
Não	68	35%	Não	49	31%
Parcialmente	98	51%	Parcialmente	39	25%
Totalmente	28	14%	Totalmente	68	44%
Cuidado com a mesa			Locais não ergonômicos		
Não	72	37%	Não	85	44%
Parcialmente	77	40%	Parcialmente	59	30%
Totalmente	45	23%	Totalmente	50	26%
Cuidado com o assento			*Considerando apenas os que utilizam notebook		
Não	74	38%			
Parcialmente	78	40%			
Totalmente	42	22%			

Fonte: Autoria Própria (2020).



Figura 3. Figura de gráficos dos cuidados tomados pelos profissionais.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Por fim, a última parte do questionário abordava sobre as dores sentidas pelo teletrabalhadores: se elas iniciaram antes ou após a pandemia, e com qual frequência eles utilizam medicamentos para trabalhar. O formulário interrogava sobre as dores em locais específicos e pediam para o teletrabalhador classificar, em uma escala de 1 a 5, em que 1 é menor dor e 5 maior dor, qual a intensidade da dor sentida. Realizando uma média e mediana dessas escalas, visualizamos no Quadro 2 que, de forma geral, a dor mais forte sentida é na região das costas, seguida por dor de cabeça, dores no pescoço e ombros, respectivamente.

Quadro 2. Média e Mediana de escala das dores.

	Dor no Pescoço	Dor no Braço	Dor nos Ombros	Dor nos Cotovelos	Dor nos Punhos	Dor nas Costas	Dor no Quadril	Dor na Perna	Dor no Pés/ Tornozelo	Dor de Cabeça	Desconforto Estomacal
Média	2,22	1,78	2,09	1,32	1,79	2,96	1,82	1,78	1,48	2,43	1,71
Mediana	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00

Fonte: Autoria Própria (2020).

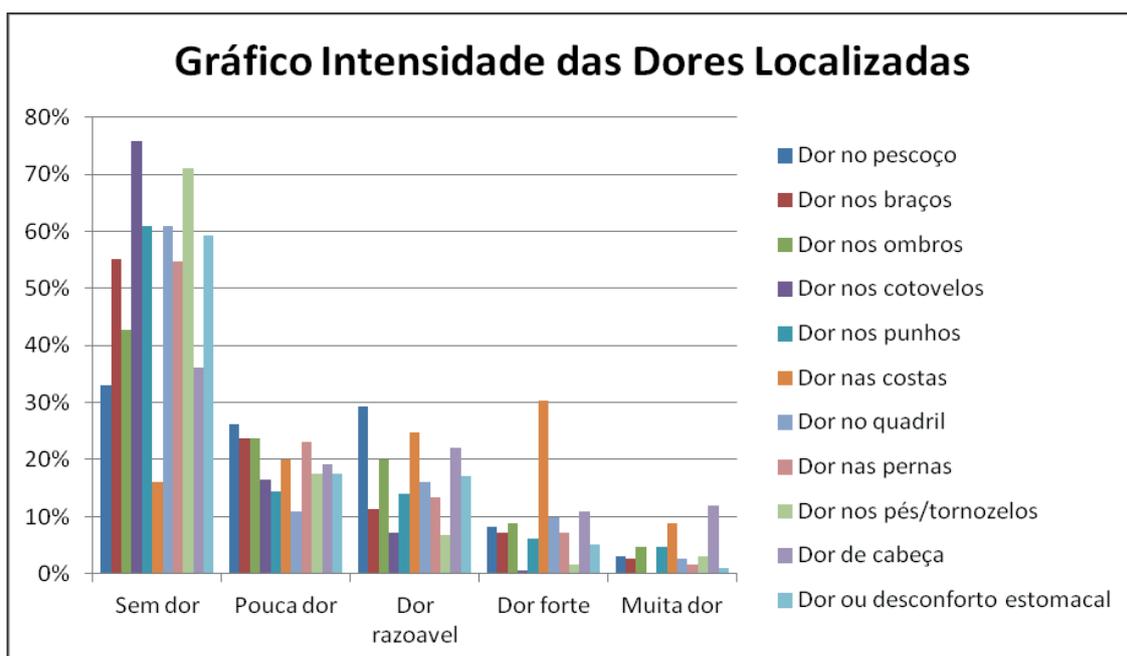
Também foi constatado que as costas são as regiões em que mais entrevistados reclamam de algum tipo de dor, independentemente de seu nível, 163 (84%) entrevistados alegam sentir dor nesse local. Interessante observar-se que, no trabalho de Castaño et. Al. (2016), as costas também foram o local de maior reclamação dos teletrabalhadores,



mostrando que, pouco mudou em relação à correção postural dos indivíduos nesses 4 anos. A dor de cabeça é a de maior reclamação no que concerne à intensidade das dores, sendo que 23 (12%) indivíduos reclamam de dor extrema. Por outro lado, as regiões com menor índice de reclamação de dor são os cotovelos com 147 (75%) pessoas não apresentando nenhum desconforto, seguido pela dor nos pés e/ou tornozelos quando esse número cai para 138 (71%) sujeitos.

De acordo com a Figura 4, dos participantes do questionário, apenas 10 (5%) dizem não sentir dor em região alguma, e somente 5 sentem dor em apenas uma região (2 cabeça, 1 quadril, 1 pernas e 1 estômago). A maioria tem a perspectiva de que as dores experienciadas estão relacionadas com o trabalho, com 58 (30%) pessoas afirmando ter certeza que a dor estaria relacionada ao trabalho, 97 (50%) achando que talvez, e apenas 39 (20%) trabalhadores que alegam não acreditar que a dor sentida esteja relacionada com sua atividade profissional.

Figura 4. Figura de gráficos da intensidade das dores localizadas.



Fonte: Autoria Própria (2020).

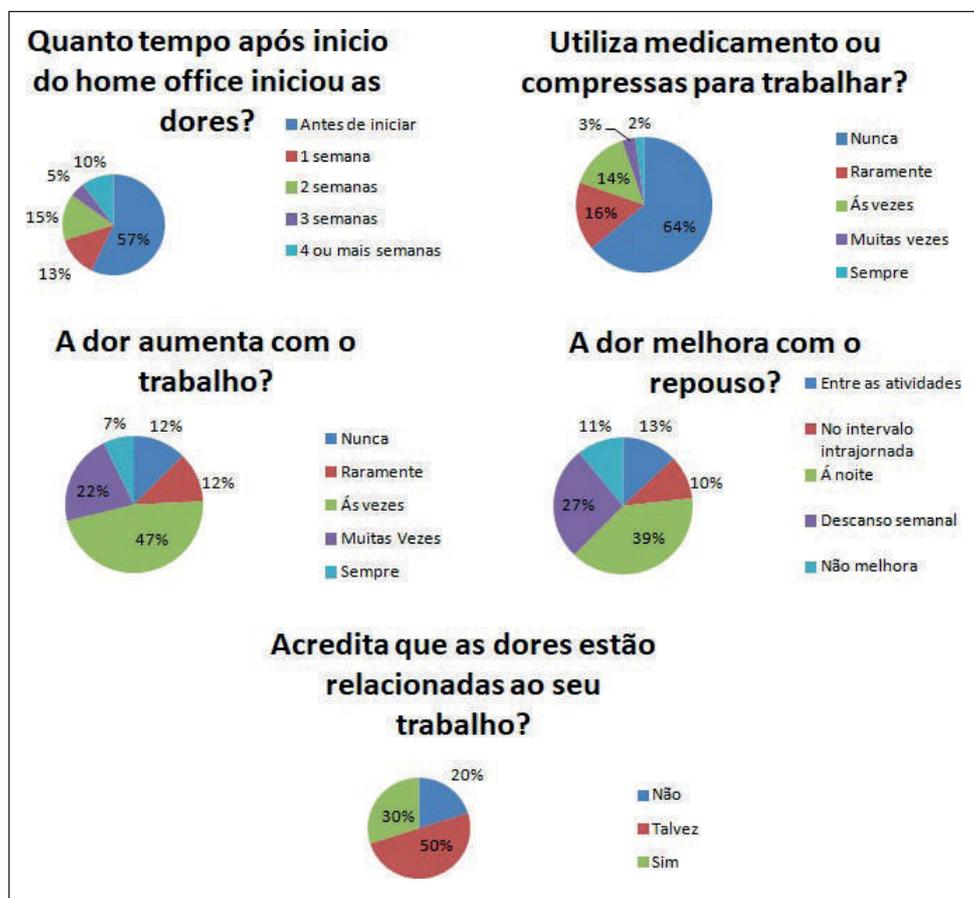
Do total de entrevistados, 111 (57%) afirmam que as dores já preexistiam, e 54 (sendo 28% do total e 65% dos que reclamam de dores pós-teletrabalho) que as dores começaram em até 2 semanas após o início do teletrabalho. Ainda, 24 (12%) indivíduos argumentam que a dor nunca aumenta com o a execução da atividade laboral, enquanto 14 (7%) dizem que a dor sempre aumenta com o trabalho, 147 (75%) pessoas reclamam que as dores aumentam com determinada frequência durante o serviço. Dentre os participantes deste estudo, 21 (11%) trabalhadores garantem sofrer de dores crônicas, ou seja, que não melhoram com o tempo, 76 (39%) dizem que geralmente a dor melhora apenas pela noite e 52 (27%) pessoas





vêm alguma melhora somente ao chegar o descanso semanal. Por fim, 124 (64%) sujeitos dizem não haver necessidade de usar medicamento ou compressa quando trabalham, e apenas 10 (5%) utilizam o artifício com alta frequência, como podemos observar na Figura 5.

Figura 5. Figura de gráficos relacionado as dores dos teletrabalhadores.



Fonte: Autoria Própria (2020).

Relações das Variáveis

Nesta etapa foi utilizada a ferramenta tabela dinâmica do *software excel*, a fim de comparar, cruzar e analisar os dados, de forma a buscar possíveis relações entre os cuidados tomados e as orientações propostas pelos empregadores. Inicialmente, analisaremos se a recomendação ou não recomendação impacta em boas práticas ergonômicas pelos teletrabalhadores, comparando assim, cada tema entrevistado, isoladamente. Nesta etapa as variáveis de recomendações “Sim, superficialmente” e “Sim, detalhadamente” se agruparão em uma nova variável: “Sim”.

Sendo assim, analisando os resultados na Tabela 4, percebeu-se que, quando não são orientados a respeito de algum tema, pelo menos 43% dos trabalhadores acabam não realizando cuidado algum em relação a ele. Esse número variou de 43% em temas como postura e iluminação e atingiu o patamar de 78% quando se tratava de alongamentos e ginástica laboral. Em contrapartida, no grupo que recebeu algum tipo de orientação, a porcentagem





dos trabalhadores que não tomavam os devidos cuidados em relação a cada tema variou de 9% quando o assunto era folga semanal até 31% no tema de alongamento e ginástica laboral, que se tornou o tópico de cartilha mais negligenciado pelos teletrabalhadores.

Quando realizada uma média simples de todos os temas ergonômicos entre os dois grupos (os que receberam e os que não receberam orientação nenhuma), obtemos o resultado de que, em média 52% do grupo que não recebeu orientação acerca de determinado assunto, não toma cuidado algum neste tema, enquanto que, no grupo que teve alguma orientação repassada, essa média numérica cai para 18% dos trabalhadores que não tomaram os cuidados recomendados. Também podemos observar que, em todos os tópicos, o número de indivíduos que não recebeu orientação alguma e optaram por não tomar nenhum dos cuidados, é sempre consideravelmente superior ao número de indivíduos que não tomaram os devidos cuidados, tendo recebido alguma orientação.

Tabela 4. Tabela de frequência dos cuidados nos grupos com e sem orientação em cada tema (continua).

RUÍDOS SONOROS	Sem Orientação	Com Orientação	ILUMINAÇÃO	Sem Orientação	Com Orientação
Sem cuidado	47%	25%	Sem cuidado	43%	14%
Algum cuidado	39%	44%	Algum cuidado	37%	40%
Todo cuidado	14%	30%	Todo cuidado	20%	46%
VIBRAÇÕES	Sem Orientação	Com Orientação	TEMPERATURA	Sem Orientação	Com Orientação
Sem cuidado	71%	21%	Sem cuidado	52%	15%
Algum cuidado	20%	47%	Algum cuidado	32%	34%
Todo cuidado	9%	32%	Todo cuidado	16%	51%
POSTURA	Sem Orientação	Com Orientação	MESA	Sem Orientação	Com Orientação
Sem cuidado	43%	26%	Sem cuidado	48%	18%
Algum cuidado	46%	56%	Algum cuidado	34%	50%
Todo cuidado	11%	19%	Todo cuidado	18%	32%
ASSENTO	Sem Orientação	Com Orientação	ESPAÇO FÍSICO	Sem Orientação	Com Orientação
Sem cuidado	47%	22%	Sem cuidado	47%	14%
Algum cuidado	37%	46%	Algum cuidado	27%	34%
Todo cuidado	16%	32%	Todo cuidado	26%	52%
INTERVALO	Sem Orientação	Com Orientação	FOLGAS	Sem Orientação	Com Orientação
Sem cuidado	53%	12%	Sem cuidado	49%	9%
Algum cuidado	36%	47%	Algum cuidado	28%	33%
Todo cuidado	11%	41%	Todo cuidado	22%	58%

Tabela 4. Tabela de frequência dos cuidados nos grupos com e sem orientação em cada tema (conclusão).

ALONGAMENTOS	Sem Orientação	Com Orientação	PERIFÉRICOS*	Sem Orientação	Com Orientação
Sem cuidado	78%	31%	Sem cuidado	45%	13%
Algum cuidado	21%	48%	Algum cuidado	26%	24%
Todo cuidado	1%	21%	Todo cuidado	28%	63%

Fonte: Autoria Própria (2020).





■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em consonância com o estudo realizado com base nas regras e procedimentos da ergonomia, frente ao cenário atual de isolamento social, decorrente da pandemia por COVID-19, pode-se observar que, embora a questão da saúde laboral seja regulamentada e difundida há tempos, sua aplicabilidade ainda é deficitária e negligenciada tanto pelas empresas, quanto pelos trabalhadores.

O teletrabalho já vinha conquistando espaço no mercado e, com a atual situação mundial, em que os países decretaram quarentena como medida preventiva e paliativa do contágio do vírus em questão, tornou-se essencial para a continuidade das atividades laborais.

Sendo assim, o mercado necessitou se adaptar de prontidão, colocando alguns trabalhadores em condições desfavoráveis de trabalho, no que tange à ergonomia. Infelizmente, pôde-se observar que, de forma geral, as empresas pouco se preocupam em orientar seus empregados no aspecto ergonômico, seja por acreditar que eles já detenham esse conhecimento, seja pelo fato de o próprio empregador desconhecer o tema e/ou não lhe dar a devida importância.

Considerando a análise da pesquisa, é importante destacar que os profissionais cujas empresas forneceram recomendações e informações sobre ergonomia obtiveram maior consciência e cuidado em propiciar uma estação laboral mais adaptada às suas demandas profissionais, do que os trabalhadores que não receberam informação alguma de suas empresas. Ainda assim, ressalta-se que, quase metade dos trabalhadores, apesar de suas empresas negligenciarem nas questões relativas à ergonomia, ainda tomaram alguns cuidados nas adaptações do ambiente doméstico ao teletrabalho.

A análise dos resultados mostrou que 82% dos profissionais que recebem orientação acerca de um tema ergonômico tendem a tomar os cuidados necessários com este tema, em contrapartida, apenas 48% daqueles que não recebem a respectiva orientação também tomam cuidados. Os itens que, mesmo sem as devidas orientações, os profissionais mais se preocupam são a postura e a iluminação, fatores que influenciam diretamente nas dores mais reclamadas, nas regiões das costas e da cabeça.

Por algum motivo a ginástica laboral é o item mais negligenciado por todos, talvez pelo fato de que muitos empregados podem praticar atividades físicas com relativa frequência e não veem a necessidade da ginástica laboral; ou talvez porque os empregadores suponham que a realização poderá tomar tempo do trabalhador e vir a reduzir sua produtividade.

A folga e o intervalo são os temas mais respeitados pelo trabalhador, provavelmente por já ter se tornado um hábito que adveio de uma obrigação legal, e portanto um direito do trabalhador. A postura corporal é um dos itens mais abordados por ambos, quiçá pela maior exposição em trabalhos midiáticos, ou pela dor nas costas ser uma das maiores





reclamações dos trabalhadores. 1 em cada 20 profissionais em teletrabalho alega utilizar medicamento com frequência para trabalhar, e a maioria afirma não só que as dores que sentem aumentam durante a jornada, como desconfiam que elas estão relacionadas com o exercício profissional.

Traçando um paralelo entre as recomendações ergonômicas dos empregadores e as práticas adotadas ou não pelos empregados, mediante a análise estatística, restou evidenciado que as recomendações do empregador aos empregados das adequações ergonômicas condicionam maior consciência e respeito aos procedimentos, assegurando maior/melhor salubridade no desempenho das atividades. Sendo assim, acredita-se que a normatização em instrumentalizar esta recomendação poderia atingir um percentual ainda maior de cuidado dos trabalhadores para adequar sua estação de trabalho, tendo em vista que as empresas poderiam dispor destas recomendações escritas e científicas pelo teletrabalhador.

Considerando que a ergonomia encontra-se respaldada na legislação brasileira, a burocratização deste instrumento tende a ser ainda mais consistente e efetiva, tanto para a empresa, quanto para o teletrabalhador nos quesitos de conhecimento, segurança e salubridade, podendo ser oficializado mediante registro escrito e assinatura do teletrabalhador como recomendação técnica e essencial para atividades laborais em teletrabalho. Isto asseguraria que o trabalhador adaptasse sua estação com o fim de otimizar as condições de trabalho, bem como resguardaria a empresa juridicamente, caso seu empregado descumpra a recomendação e venha sofrer com alguma comorbidade decorrente desta negligência.

Nesse sentido, para futuras pesquisas este estudo pode se tornar fonte relevante de informações tanto para empresas que desejam implementar o teletrabalho, quanto para pesquisadores da área a fim de comparar dados, ou ainda aprofundar a pesquisa, em aspectos específicos, ou ainda estabelecer um estudo comparativo de empresas que normatizam as recomendações técnicas e de empresas que não adotam a burocratização da normativa.

■ REFERÊNCIAS

1. ABERGO. **O que é ergonomia**. Disponível em: http://www.abergo.org.br/internas.php?p-g=o_que_e_ergonomia. Acesso em: 25 abr. 2020.
2. ANTUNES, R. **Adeus ao trabalho?** Ensaio sobre as metamorfoses e a centralidade do mundo do trabalho. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1995.
3. BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 17 – Ergonomia**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2015. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-17.pdf. Acesso em: 28 jul. 2020.





4. BRASIL. *Lei nº 13.467/2017, de 13 de julho de 2017*. Altera a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 14.jul.2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13467.htm. Acesso em: 28 jul. 2020.
5. CASTAÑÓN, J. A. B, *et al.* O home office e a ergonomia nas condições de trabalho e saúde de arquitetos e engenheiros. **Blucher Engineering Proceedings**, v. 3, n. 3, p. 643-654, 2016.
6. CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. D. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2007.
7. CRISTALDO, J. B. Leitor de Lobato. **Jornal Folha de S. Paulo**, Caderno Mais!, 28/06/1998, p 5.
8. ÉPOCA. Após Yahoo!, Best Buy também acaba com home office. **Revista Época**, 06 mar. 2013.
9. GRECO, M. A.; MARTINS, I. G. S. **Direito e Internet: relações jurídicas na sociedade informatizada**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001.
10. IIDA, I. **Ergonomia projeto e produção**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005
11. JARDIM, C. C. S. **O teletrabalho e suas atuais modalidades**. São Paulo: LTr, 2003.
12. KANTER R. M. Work pray love. **Havard Business Review**, p. 38, dec. 2010.
13. KUGELMASS, J. **Teletrabalho: novas oportunidades para o trabalho flexível**. São Paulo: Atlas, 1996.
14. MANOOCHEHRI, G.; PINKERTON, T. **Managing telecommuters: opportunities and challenges**. American Business Review. California State University, Fullerton, 2003.
15. MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A. *et al.* *Telework, human resource flexibility and firm performance*. New Technology, Work and Employment, v. 22, n. 3, p.208-223, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1468-005X.2007.00195.x>
16. MIRA, T. M. **O teletrabalho: a qualidade de vida em questão**. INNOVARE, Ponta Grossa: Cescage, 2004.
17. OLIVEIRA, M.M.V. **Ergonomia e o teletrabalho a domicílio**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1996.
18. PÉREZ, M. P. *et al.* A technology acceptance modelo f innovation adoption: the case of teleworking. **European Journal of Innovation Management**, v. 7, n. 4, p. 280- 291, 2004. <https://doi.org/10.1108/14601060410565038>
19. RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.
20. SANTOS, E.M; SILVA, A.B.S; CARVALHO, P.P.S. **Análise ergonômica de um posto de trabalho: um estudo de caso em uma biblioteca pública**. Coletânea Nacional sobre Engenharia de Produção 6: Ergonomia e Segurança do Trabalho, Gestão do Produto e Gestão Econômica, 2017 pag 39-51
21. SHIN, B.; SHENG, O.; HIGA K. *Telework: existing research and future directions*. **Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce**, v. 10, n. 2, p. 85-101, 2000. https://doi.org/10.1207/S15327744JOCE1002_2





22. SILVERMAN, D. **Interpretação de dados qualitativos**: métodos para análise de entrevistas, textos e interações. Porto Alegre: artmed, 2009.
23. SOARES, AGB; MEDEIROS, M.K.S; NETO, M.L.Q. **Análise e avaliação ergonômica das condições de trabalho em uma agência bancária**. Coletânea Nacional sobre Engenharia de Produção 6: Ergonomia e Segurança do Trabalho, Gestão do Produto e Gestão Econômica, 2017 pag 39-51
24. SOUZA, M. R. S. **Habitação e informatização**: o teletrabalho. São Carlos: UFSCar, 2005.
25. SPERANDIO, J.C. Contribuições contemporâneas da psicologia cognitiva e da inteligência artificial para a ergonomia da informática. **Análise Psicológica** (1989), 1- 2-3 (Vn): 231-243
26. VALOR. **43% das empresas adotam home office devido ao coronavírus**. Disponível em: <https://valor.globo.com/carreira/noticia/2020/03/20/43percent-das-empresas-adotam-home-office-devido-ao-coronavirus.ghtml>. Acesso em: 28 abr. 2020.
27. VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 2005.
28. VIDAL, M. C. **Introdução à ergonomia**. Curso superior de especialização em ergonomia contemporânea. Rio de Janeiro: CESERG/GENTE/COPPE/UFRJ, 2000.
29. WORLD ECONOMIC FORUM. **6 Charts That Show What Employers and Employees Really Think About Remote Working**. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2020/06/coronavirus-covid19-remote-working-office-employees-employers>. Acesso em: 01 ago 2020.
30. WINTER, V. R. L. **Teletrabalho**: uma forma alternativa de emprego. São Paulo: LTr, 2005.
APÊNDICE - Questionário de Pesquisa de Campo



Avaliação de variáveis de sustentabilidade ambiental nas empresas de abastecimento de água e saneamento listadas na BM&FBOVESPA

| **Carlos Alberto Di Agustini**
FGV

| **Biagio Fernando Giannetti**
UNIP

RESUMO

O nível crítico das águas dos reservatórios e das hidrelétricas brasileiras representa o rompimento da 1ª condição da sustentabilidade. A soma do volume de afluência menos a soma do volume de defluência, resulta em 6.418 m³ de água por segundo desfavorável, ao sistema nacional. Neste estudo, apresentamos uma metodologia de contabilidade ambiental que mensura o uso de recursos por unidade comum de eMergia solar, com objetivo de avaliar a interação de variáveis de sustentabilidade ambiental nas empresas de 2009abastecimento de água e saneamento listadas na BM&FBOVESPA em 2014. A mensuração foi realizada mediante definição das fronteiras do sistema de cada empresa com as fontes de energia e materiais que a alimentam. Um diagrama de energia do sistema foi construído e resumido em um diagrama agregado dos fluxos de energia. A partir do inventário das entradas de energia e materiais das empresas no exercício de 2013, foram inventariados os recursos R, N e F, em unidades, transformidades e eMergia/unidade. Foi verificado se os consumidores estão pagando, em seJ/J ou seJ/R\$, os recursos recebidos dos ecossistemas naturais quando compram produtos e serviços pagos em dinheiro. O cálculo dos indicadores da contabilidade em eMergia (EYR, ELR e SI) e o diagrama ternário em eMergia e suas linhas de sustentabilidade indicaram posições das empresas em relação aos indicadores de sustentabilidade ambiental. Os investidores na BM&FBOVESPA reconhecem e percebem valor positivo das empresas rotuladas como sustentáveis ambientalmente. No período de 2006 a 2015 o ISE obteve uma performance de +131% em relação ao Ibovespa. Os clientes das empresas CASAN, COPASA, SABESP e SANEPAR pagaram nas tarifas de água e tratamento de esgotos, em R\$ médios, 72,5% da eMergia total recebida. Há uma relação de desvantagem entre a biosfera e o sistema de tratamento de água e esgotamento sanitário operado pelas empresas avaliadas.

Palavras Chave: Sustentabilidade Ambiental, Empresas de Abastecimento de Água, BM&FBOVESPA, eMergia.



■ INTRODUÇÃO

Avaliar variáveis de sustentabilidade ambiental nas empresas é uma tarefa de extrema complexidade. Os saberes científicos sobre a interferência das atividades empresariais na biosfera ainda são incipientes. Neste trabalho, apresentamos uma metodologia de contabilidade ambiental que mensura o uso de recursos e que se baseia na utilização da unidade comum de eMergia solar — quantidade de energia necessária de forma direta e/ou indireta — para obtenção de um determinado bem, produto ou serviço num processo.

De acordo com o relatório da UN Water, da Organização das Nações Unidas (ONU), o nosso planeta é palco de uma ofensiva as vezes até bélica pela água. As dificuldades de suprimento para a população que precisa no mínimo de 50 litros de água por dia/habitante para atender suas necessidades, podem levar 4 bilhões de pessoas a sofrer com a falta de água até 2030 (WWAP, 2014).

Na Região da Grande São Paulo, face escassez de abastecimento pelo volume de chuvas abaixo da mínima histórica em 84 anos, principalmente no sistema Cantareira (É o maior dos sistemas administrados pela SABESP e um dos maiores do mundo, destinado à captação e tratamento de água para a Grande São Paulo. É composto por seis barragens interligadas por um complexo sistema de túneis, canais, além de uma estação de bombeamento de alta tecnologia para ultrapassar a barreira física da Serra da Cantareira), a população da maioria dos municípios da região metropolitana supridos pela Companhia de Saneamento Básico de São Paulo (SABESP), passou a receber em 2014, 30% de desconto no preço da água usada, condicionado a uma economia mínima de 20% no volume (Sistema Cantareira, 2014).

Segundo Molinos-Senante *et al.* (2016), a escassez de água é um dos principais problemas enfrentados por muitas regiões no mundo no século XXI e passou a ser um dos fatores mais críticos no processo de gestão de algumas empresas, diante de fatores como: mudanças climáticas, aumento das taxas de urbanização e crescimento da renda e da produção industrial.

Para Campos *et al.* (2013), a partir de um longo processo histórico de amadurecimento da consciência humana diante do desenvolvimento econômico, a gestão ambiental passou a incorporar diversas iniciativas governamentais e empresariais que procuraram formas de gestão mais adequadas para garantir um futuro melhor para a sociedade no planeta.

Cada vez mais as empresas têm procurado integrar as variáveis econômicas com as ambientais. O uso de métricas que mensurem o uso de recursos naturais e impactos das atividades produtivas ampliam os significados tradicionais de ativos e passivos contábeis, relacionando-os à preservação da biosfera, conforme conceitos de equilíbrio e accountability





(Um dos pilares da governança corporativa: prestação responsável de contas, fundamentação ética e boas práticas contábeis e de auditoria) (Kassai *et al.*, 2012).

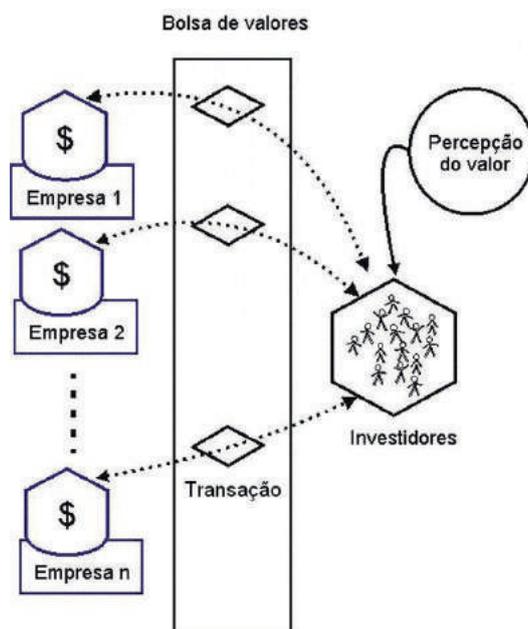
Entre as diferentes escolhas de investimento, a percepção do valor das ações e das empresas é muito importante para a tomada de decisão do investidor, influenciada por fatores como liquidez, retorno e risco, que são mensurados com informações objetivas e subjetivas, provenientes da bolsa de valores e de outras fontes.

A percepção do valor das empresas pelos investidores é influenciada por diversos fatores, dentre eles por questões de natureza ambiental. Maior uso de recursos renováveis (R) como a água, minimização de uso de recursos não renováveis (N) e resíduos gerados que podem interferir na rentabilidade e na sobrevivência das empresas (Bertolini *et al.*, 2012).

Segundo Giannetti (2009 apud Di Agustini, 2009), a bolsa de valores é o espaço em que as empresas podem obter recursos, estimulando a atividade empreendedora e gerando acúmulo de capital. A Figura 1 apresenta os principais componentes do sistema de investimento por meio de uma bolsa de valores.

Os principais fluxos de um sistema produtivo estão apresentados na Figura 1, na qual os fluxos de recursos e produtos são paralelos aos fluxos de dinheiro com sentido oposto. Os dois fluxos são interdependentes: sem recursos e produtos não é possível promover o fluxo de dinheiro e, por sua vez, sem capital não ocorrem os fluxos de recursos e de produtos. A transação ocorre sob controle do preço que é resultado do valor de mercado, obedecendo condições ideais ao princípio econômico do equilíbrio entre a oferta e a demanda.

Figura 1. Representação dos fluxos de capital pela bolsa de valores.



Fonte: Giannetti et al. (2009 apud Di Agustini, 2009, p. 16).





Em 2014, quatro empresas do segmento de abastecimento de água e saneamento estavam listadas na Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros (BM&FBOVESPA): Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), SABESP e Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) (BM&FBOVESPA, 2014a).

Para Pontes & Schramm (2004), as empresas do segmento de abastecimento de água e saneamento são de utilidade pública, em função de sua dimensão individual e coletiva, pois gerenciam recurso natural escasso e finito. São empresas concessionárias de serviços essenciais à população com controle acionário majoritário de unidades da federação, conforme apresentado na Tabela 1 (Brasil, 2006).

A presença do estado como controlador da atividade de abastecimento de água é marcada por um longo processo que se confunde com a história do Brasil.

Aqui residem seis dos nossos: Padres quatro e dois irmãos. A Igreja não é muito grande. Tem cerca cheia de frutos da terra e marmelos; e no claustro um poço de boa água. José de Anchieta, em carta de 1585 (Anchieta, 1595).

Os recursos R são retirados do ambiente e têm capacidade de renovação temporal e espacial mais rápida do que o seu consumo/uso. Encontram-se dentro dessa classe a energia solar, dos ventos, da chuva etc. Os recursos N são armazenados na natureza, porém seu consumo é mais rápido do que a sua capacidade de renovação. Dentro dessa classe encontram-se fontes de recursos como carvão, petróleo, florestas, água potável etc.

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a interação de variáveis de sustentabilidade ambiental nas empresas de abastecimento de água e saneamento listadas na BM&FBOVESPA em 2014, em conformidade com as determinações do Conselho Deliberativo do Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) da BM&FBOVESPA, que, a partir de 2008, passou a classificar como aspecto ambiental crítico as empresas que utilizam intensivamente recursos N e poucos recursos R.

Para atingir o objetivo, definiram-se as fronteiras do sistema de cada empresa com as fontes de energia e materiais que o alimentam, foi construído um diagrama de energia do sistema (Odum, 1996) e foram resumidos os fluxos em um diagrama agregado dos fluxos de energia. As entradas de energia e materiais das empresas avaliadas foram transformadas em transformidade ou eMergia específica para inventariar os recursos R, N e F, em unidades, transformidades e eMergia/unidade.

Os resultados da verificação se os consumidores estão pagando, em seJ/J ou seJ/R\$, os recursos recebidos dos ecossistemas naturais, os cálculos dos indicadores da contabilidade em eMergia (EYR, ELR e SI) e o diagrama ternário em eMergia e suas linhas de sustentabilidade estão apresentados nas Tabelas 2 e 3 e Figura 2.



■ REFERENCIAL TEÓRICO

A degradação ambiental intensificada a partir da Revolução Industrial provocou ações e iniciativas envolvendo vários segmentos da sociedade com objetivo de conscientizar a população e conseqüentemente mudança de postura dos indivíduos e das empresas. São inúmeras as ações e iniciativas, dentre elas: Conferência da Biosfera (Paris, 1968); Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente (Estocolmo, 1972); Eco 92 ou Rio 92 (Rio de Janeiro, 1992); Cúpula Mundial para o Desenvolvimento Sustentável ou Rio + 10 (Johanesburgo, 2002); Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Paris, 2007), Rio + 20 (Rio de Janeiro, 2012) e Relato Integrado promovido pelo International Integrated Reporting Council (IIRC), organização que promove a integração entre as informações financeiras, de sustentabilidade e de governança em relatórios corporativos, lançado mundialmente em 16 de abril de 2013, no Brasil realizado pela BM&FBOVESPA (Alves & Barbosa, 2013).

Tabela 1. Empresas de abastecimento de água na BM&FBOVESPA em 2015.

Empresa	Acionista majoritário	% do capital total
CASAN	Estado de Santa Catarina*	67,34%
COPASA	Estado de Minas Gerais	51,13%
SABESP	Estado de São Paulo	50,25%
SANEPAR	Estado do Parana	58,73%

*Incluindo participação da Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC).

Fonte: BM&FBOVESPA (2015).

Tabela 2. Inventário de recursos recebidos e pagos pelos clientes das empresas.

Vantagem/desvantagem ao consumidor				
Sej/ano (%)				
SABESP	COPASA	SANEPAR	CASAN	
7,04E+22	2,31E+22	1,47E+22	4,01E+21	Emergia paga pelos clientes
7,97E+22	3,59E+22	1,84E+22	7,09E+21	Emergia recebida pelos clientes (F+R)
88%	64%	80%	58%	Pago/recebido (F+R)
1,13	1,56	1,25	1,73	Recebido (F+R)/pago pelos clientes

>1 = desvantagem do consumidor; <1 = vantagem da empresa.

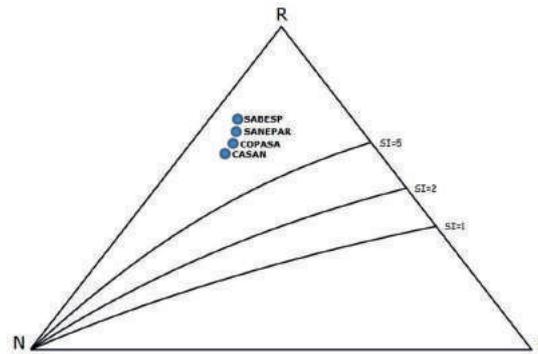
Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

Tabela 3. Indicadores de contabilidade em eMergia das empresas.

	Sej/ano (%)			
	SABESP	COPASA	SANEPAR	CASAN
R	5,66E+22	2,52E+22	1,30E+22	4,82E+21
N	1,83E+22	8,63E+21	4,22E+21	1,77E+21
F	4,78E+21	2,16E+21	1,10E+21	4,96E+20
ELR	0,41	0,43	0,41	0,47
EYR	16,67	16,67	16,67	14,29
SI	40,80	38,89	40,80	30,36

Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

Figura 2. Posicionamento das empresas no diagrama ternário em eMergia.



Sustentabilidade

As questões relativas ao meio ambiente e à sustentabilidade da biosfera não são recentes. Segundo Swearer (2004, p. 21), no século V a.C., há registros textuais que Buda alertava para a importância das florestas sob uma ótica ambientalista.

As discussões acerca das temáticas relacionadas com a sustentabilidade possuem dimensão multidisciplinar e conceito difuso e complexo. Sustentabilidade é a palavra de ordem que tem se tornado comum nos mais diferentes ambientes, apropriados por executivos de empresas, investidores, políticos, ativistas sociais, acadêmicos, trabalhadores e outros. De acordo com Ferreira (2001), sustentabilidade é um substantivo feminino que significa a qualidade de sustentável. Sustentável por sua vez é também um adjetivo, que se pode sustentar, e sustentar, verbo transitivo direto, é conservar, manter, impedir a ruína, proteger, defender, conservar a mesma posição, sustentar-se ou equilibrar-se. Sustentabilidade vem do latim sustentare que significa sustentar, suportar, conservar em bom estado ou manter.

Os trabalhos científicos relacionados ao tema sustentabilidade abordam principalmente a relevância das questões ambientais no bojo do questionamento do caráter predatório dos sistemas de produção para atender às necessidades de consumo da humanidade. No início da década de 1980, a ONU retomou o debate das questões ambientais, quando a primeira-ministra da Noruega, Grö Harlem Brundtland, chefiou a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, para estudar o assunto. O documento final desses estudos chamou-se Nosso Futuro Comum ou Relatório Brundtland. Apresentado em 1987, propõe o desenvolvimento sustentável, isto é, “[...] aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades” (Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1991, p. 114). Munck & Souza (2013) defendem que o conceito de desenvolvimento sustentável é frágil pela lógica econômica que privilegia as vontades do mercado e que repassa ao meio a ideia equivocada de um crescimento econômico global e ininterrupto.



Segundo Miranda (2009), não existe relação homem-natureza. Uma vez que o homem é um ser social, existem relações entre os homens por meio da natureza – a natureza é sempre objeto das relações sociais, não sua finalidade. Com o aumento da população no planeta, crescimento do poder econômico e tecnológico, para atender às necessidades de consumo da humanidade, passou-se a atingir os ecossistemas, bacias hidrográficas, florestas, oceanos, continentes, solo, ar e a água.

Daly (1996), um dos ideólogos da Teoria da Sustentabilidade e da Economia Ecológica, sugeriu três condições para definição dos limites sustentáveis que podem ser aplicáveis às atividades das empresas.

1ª Condição da sustentabilidade: a velocidade de uso da fonte de recursos R não deve superar a velocidade de regeneração desses recursos. Por exemplo, a pesca torna-se insustentável quando os peixes são apanhados em uma quantidade maior do que sua capacidade de reprodução.

Para examinar melhor essa questão, segundo Barret & Odum (2007), regeneração é a razão entre a taxa de processamento e o conteúdo. A regeneração pode ser expressa como uma fração da quantidade total de uma substância em um compartimento, que é liberado (ou que entra) em um dado período de tempo; o tempo de regeneração é o seu recíproco, isto é, o tempo necessário para substituir a quantidade da substância igual à sua quantidade no compartimento. Por exemplo, se estão presentes 1.000 unidades no compartimento e 10 saem ou entram por hora, a taxa de regeneração é de $10/1.000$ (0,01) ou 1% por hora.

O tempo de regeneração seria então $1.000/10$ ou cem horas. Enquanto uma lagoa pode ter uma taxa de 1 dia para renovar suas minúsculas plantas, plantas terrestres mais longevas de um pasto, podem levar 100 dias e as árvores de uma floresta 100 anos.

A retirada de água do sistema Cantareira é um exemplo de não atendimento à 1ª condição da sustentabilidade. A velocidade de retirada pelo aumento de uso do recurso finito R (água) dos reservatórios excede a capacidade do ecossistema regenerar o reservatório (ANA, 2014).

O fenômeno abrange todo território nacional. O nível crítico das águas dos reservatórios das hidrelétricas brasileiras representa o rompimento da 1ª condição da sustentabilidade. Segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), a soma do volume de afluência menos a soma do volume de defluência, resulta em 6.418 m³ de água por segundo desfavorável ao sistema nacional, conforme apresentado na Tabela 4 (ONS, 2014).



Tabela 4. Posição dos reservatórios brasileiros em setembro de 2015.

Bacia	Reservatório	Nível*	Afluência** (A)	Defluência** (D)	A-D
Região Sudeste					
Grande	Furnas	23,12	138	518	-380
	M. Moraes	47,22	566	858	-292
	Marimbondo	15,84	966	1.010	-44
	Água Vermelha	20,81	1.520	849	671
Paranaíba	Emborcação	29,43	218	603	-385
	Nova Ponte	18,01	33	194	-161
	Itumbiara	17,92	1.362	1.406	-44
	São Simão	21,32	1.790	1.844	-54
Paraná	Ilha Solteira	0	3.049	2.850	199
	Jupia	92,38	4.490	4.031	459
	Itaipu	79,75	9.831	9.831	0
Tiete	Barra Bonita	63,19	193	222	-29
	Promissão	29,63	419	252	167
	Três Irmãos	0	165	448	-283
Parapanema	Jurumirim	25,08	276	235	41
	Chavantes	31,03	406	368	38
	Capivara	57,35	1.220	1.275	-55
Região Sul					
Iguaçu	G. B. Munhoz	47,13	786	1.006	-220
	Salto Santiago	97,78	1.541	1.421	120
Uruguai	Machadinho	33,64	988	1.226	-238
	Itá	58,43	1.509	1.199	310
	Passo Fundo	94,93	79	62	17
Jacuí	Passo Real	84,25	249	415	-166
Região Nordeste					
São Francisco	Três Marias	5,55	66	163	-97
	Sobradinho	31,09	330	1.129	-799
	Luiz Gonzaga	20,12	990	982	8
Região Norte					
Tocantins	Serra da Mesa	34,71	81	843	-762
	Tucuruí	37,93	2.312	6.751	-4.439

*Em % de capacidade ideal; **Vazão em m3/segundo.

Fonte: ONS (2014).

2ª Condição da sustentabilidade: a velocidade de uso da fonte de recursos N não deve superar a velocidade de desenvolvimento do substituto R. Por exemplo, um campo de petróleo poderia ser utilizado de forma sustentável se uma parcela dos recursos financeiros de sua exploração fosse investida em geração de energia de fontes R e plantio de árvores, de forma que, quando o petróleo exaurisse, uma fonte de energia R suficiente ainda estaria disponível para as atividades de produção e consumo.

Segundo McKelvey (1982), os recursos N não podem ser repostos e suas reservas podem se esgotar pela extração dos sistemas produtivos, ou seja, aquilo que está disponível e é extraído hoje, não estará mais disponível amanhã. Assim, se o desenvolvimento tecnológico de materiais R substitutos ao minério N for inferior a taxa de extração, as reservas



de minério podem se exaurir. Entretanto, conforme abordado na 1ª condição da sustentabilidade, o material substituto R do minério N, deve observar a razão de regeneração (taxa de processamento e o conteúdo) e o tempo necessário para substituir a quantidade da substância igual à sua quantidade no estoque (Barret & Odum, 2007).

A relação existente entre os recursos N e R da biosfera com os sistemas de produção é complexa. No processo de produção de bens e serviços, nem todos os recursos N podem ser substituídos por recursos R pelas empresas. Recursos N, cujas reservas se encontram em extinção, podem ser substituídos por outros recursos N com reservas maiores, como exemplo, a substituição do aço pelo alumínio pela Ford na fabricação de picapes (Ramsey, 2012).

3ª Condição da sustentabilidade: a emissão de poluentes (ou de resíduos) não deve superar a capacidade de absorção da biosfera. Como exemplo, o esgoto não pode escoar para um rio, lago ou reservatório subterrâneo com maior rapidez do que as bactérias e demais organismos conseguem absorver seus nutrientes, sem que eles próprios pressionem e desestabilizem o ecossistema aquático.

Para Brown (2009), ao analisar a situação da Terra face à utilização intensa dos recursos naturais e os fluxos da economia que depende dos ecossistemas/meio ambiente, defende que se não há meio ambiente, se tudo está destruído, não há economia. Assim, a questão fundamental que envolve a sustentabilidade empresarial está diretamente associada a sustentabilidade ambiental (extração e uso de recursos N e R nos sistemas produtivos, geração de resíduos e impactos aos ecossistemas e às pessoas) e as atividades cotidianas dos seres humanos (estilo de vida e consumo).

ISE da BM&FBOVESPA

Criado em 2005, o ISE é o quarto indicador no mundo e iniciativa pioneira na América Latina e resultado de esforços de várias instituições, no sentido de torná-lo referencial para os investimentos sustentáveis. É uma ferramenta para análise comparativa do desempenho das empresas listadas na BM&FBOVESPA, cuja finalidade é criar um ambiente de investimento compatível com as demandas de desenvolvimento sustentável da sociedade e estimular práticas mais sustentáveis nas empresas (Bassetto, 2010).

O ISE é um índice de ações referencial para os investimentos ambientalmente responsáveis, composto por empresas que se destacam em sustentabilidade. O Conselho Deliberativo é composto por membros das seguintes instituições: Associação Brasileira das Entidades Fechadas de Previdência Complementar (ABRAPP); Associação Nacional de Bancos de Investimentos (ANBID); Associação dos Analistas e Profissionais de Investimentos do Mercado de Capitais (APIMEC); BM&FBOVESPA; Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social (ETHOS); Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (IBGC); International Finance





Corporation - Banco Mundial (IFC); Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). A Fundação Getulio Vargas (FGV) é a instituição responsável pela pesquisa e metodologia do ISE, cuja carteira de 6 de janeiro de 2014 a 2 de janeiro de 2015 era composta por 40 empresas (BM&FBOVESPA, 2014b).

Desde a sua criação, em dezembro de 2005, até dezembro de 2015, o ISE apresentou taxa de crescimento acumulado superior ao do Ibovespa (Indicador do desempenho médio das cotações das ações de maior negociabilidade e representatividade no mercado de ações brasileiro), conforme Tabela 5.

A Tabela 5 mostra que os investidores buscam investir em ações e títulos de empresas comprometidas com práticas de gestão sustentáveis. No período de 2006 a 2015 o ISE obteve uma performance de +222% em relação ao Ibovespa, comprovando a percepção positiva de valor pelos investidores em relação às empresas rotuladas como sustentáveis.

Das quatro empresas avaliadas neste, a SABESP e COPASA integram o ISE no período de janeiro de 2014 a 2 de janeiro de 2015 (BM&FBOVESPA, 2014b).

A integração de variáveis econômicas com as ambientais e o uso de métricas que mensurem o uso de recursos naturais para as empresas listadas no ISE são aspectos da Teoria da Agência que contribuem para ampliação dos significados tradicionais de ativos e passivos contábeis, relacionando-os à preservação de toda biosfera, conforme conceitos governança corporativa (Sant’Ana *et al.*, 2016). A modelagem de sistemas que avaliam a sustentabilidade de empresas do segmento de abastecimento de água e saneamento é abordada como um aspecto crucial de governança corporativa relacionada à transparência e ao respeito pelas várias partes interessadas no processo de decisão (Marques *et al.*, 2015).

Tabela 5. Taxas de crescimento do ISE e do Ibovespa.

Taxa de crescimento (%)		Ibovespa
Ano	ISE	
2006	+37,8	+32,9
2007	+40,4	+43,6
2008	-41,1	-41,2
2009	+66,4	+82,7
2010	+5,8	+1,0
2011	-3,3	-18,1
2012	+20,5	+7,4
2013	+1,9	-15,5
2014	-1,9	-2,9
2015	-10,9	-10,6
Acumulado	108,2	33,6
Média anual	7,6	2,9
Média mensal	0,61	0,24

Fonte: BM&FBOVESPA (2016).





Variáveis de sustentabilidade ambiental

Para Collen *et al.* (2008), na mensuração de variáveis complexas, como a sustentabilidade ambiental e empresarial, a construção de métricas e indicadores acabam por apresentar dificuldades operacionais. Citam como exemplo, a dificuldade de medir os ecossistemas do planeta, sendo necessária atribuição de estimativas e analogias. As estimativas, por natureza, são susceptíveis de polêmica e contestação, porque podem ter um grau de subjetividade associado.

Há uma grande quantidade de métricas, indicadores e ferramentas para mensuração de sustentabilidade. Segundo Kerk & Manuel (2008), não há métricas que fornecem uma percepção completa sobre todos os aspectos relevantes da sustentabilidade de forma transparente, simples e facilmente compreendida, apesar dos indicadores de sustentabilidade serem, cada vez mais, reconhecidos como ferramentas úteis na tomada de decisão de investimentos.

Segundo Pulselli *et al.* (2008), ao analisar a mensuração da sustentabilidade, face à complexidade do processo e grande quantidade de indicadores existentes, em conformidade com Comissão da ONU sobre o desenvolvimento sustentável (CDS) (Criada em 29 de janeiro de 1993, pela Assembleia Geral da ONU, por meio da Resolução A/RES/47/191 (UN, 1993)) e Resolução A/RES/47/191 da ONU (Resolução 47/191, de 22 de dezembro de 1992, Institutional arrangements to follow up the United Nations Conference on Environment and Development, A/RES/47/191, 29 January 1993 (UN, 1993)), um indicador de sustentabilidade deve contemplar os seguintes requisitos:

- ✓ fundamentado em sólida base científica reconhecida pela comunidade internacional;
- ✓ relevante para englobar os fatores cruciais do desenvolvimento sustentável, incluindo aspectos locais e globais;
- ✓ transparente para que seja compreendido pelo público não especializado no tema;
- ✓ quantificável e ancorado em dados disponíveis ou fáceis de se obter e atualizar, e;
- ✓ limitado em quantidade, dependendo da finalidade de uso.

Recursos R e N

A partir de 2008, o ISE passou a contemplar na metodologia aspectos ambientais considerados críticos pelo Conselho Deliberativo do ISE: recursos naturais (Denominação aplicada a todas as matérias primas (R e N), obtidas diretamente da natureza e aproveitáveis pelo homem. São classificados como recursos R ou N em função do tempo necessário para a sua reposição. Os recursos N incluem substâncias que não podem ser recuperadas em um curto período de tempo como, por exemplo, petróleo e minérios em geral. Os recursos R são





aqueles que podem se renovar ou podem ser recuperados, com ou sem interferência humana, como as florestas, luz solar, ventos e a água) N e R. O ISE considera como crítico, o impacto ambiental que em função de critérios técnicos (severidade, reversibilidade, magnitude, abrangência espacial), sociais ou legais, demanda ações específicas de prevenção, controle e monitoramento pelas empresas.

A decisão do Conselho Deliberativo do ISE de classificar como aspecto ambiental crítico as empresas que utilizam intensivamente recursos N e usam poucos recursos R está em conformidade com os conceitos e condições para definição dos limites sustentáveis de um sistema produtivo (Daly, 1996; Barret & Odum, 2007; McKelvey, 1982; Brown, 2009; Giannetti 2009 apud Di Agustini, 2009).

Avaliação em eMergia

A base conceitual e aplicação sobre eMergia foi desenvolvida por Odum (1996), ao propor uma metodologia consistente capaz de mensurar o uso de recursos de um determinado sistema, denominada contabilidade ambiental. Tal contabilidade baseia-se na utilização da unidade comum de eMergia solar, que é a quantidade de energia necessária, de forma direta e/ou indireta, para obtenção de um determinado bem, produto ou serviço, num processo.

Odum (1996) propõe a construção de diagramas de fluxos para melhor visualização dos recursos, que transitam entre as fronteiras dos ambientes econômico (F) e ecossistemas naturais (recursos R e N), utilizando uma simbologia, que representa o fluxo de energia nos processos. Todos os recursos utilizados nos processos, naturais R e N e os provenientes do ambiente econômico F, são contabilizados por Joule de energia solar (seJ) – métrica padrão e comum na metodologia.

A contabilidade pela metodologia de avaliação em eMergia mensura cientificamente a interferência de um sistema produtivo na biosfera, segregando e inventariando recursos N e R (Figura 3), em conformidade com as medidas adotadas pelo Conselho Deliberativo do ISE a partir de 2008.

A Figura 3 ilustra que a avaliação em eMergia é uma metodologia com alcance da interferência dos sistemas de produção com os ecossistemas naturais, considerando os estoques de recursos R e N da biosfera, os recursos F da economia com os clientes (beneficiários) e a geração de resíduos e impactos.

A grande inovação proposta por Odum (1996) foi estruturar uma metodologia que possibilita contabilizar e mensurar diferentes recursos e processos, geralmente medidos por diferentes maneiras e unidades, utilizando uma métrica comum (joule de energia solar seJ). Para isso, Odum (1996) idealizou o conceito de transformidade solar - quantidade de energia solar empregada, direta e/ou indiretamente - na obtenção de um joule de determinado





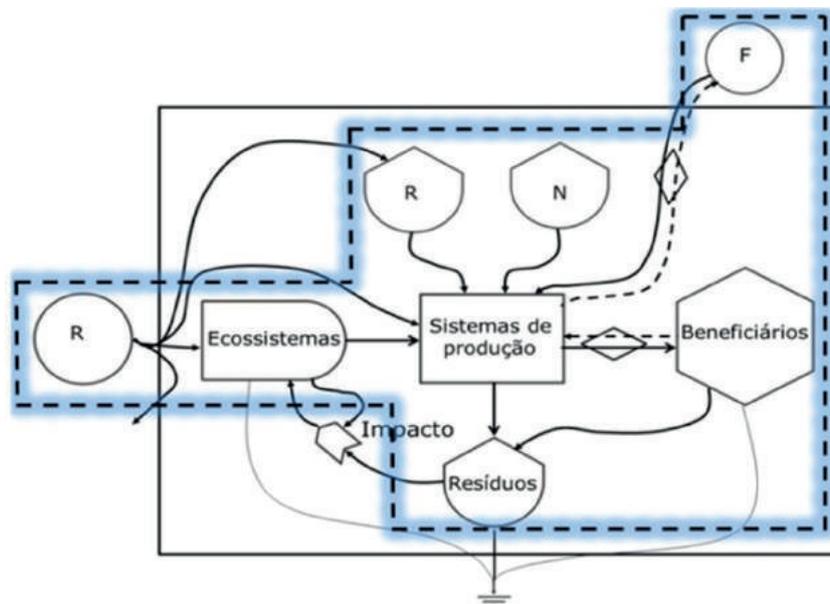
produto/processo (seJ/J). Ao se determinar a transformidade do sistema em estudo, é possível calcular de forma cumulativa, a partir da utilização dos primeiros recursos no sistema, a energia solar indireta necessária para obter outro produto/processo (Odum, 1996). A avaliação em eMergia possibilita a mensuração do uso de recursos da biosfera pelos sistemas produtivos corporativos utilizando uma métrica padrão - seJ.

A partir do inventário de todos os recursos utilizados nos processos, naturais R e N e os provenientes do ambiente econômico F, contabilizados em seJ, é possível calcular os seguintes indicadores em eMergia.

Indicador de sustentabilidade ambiental (SI)

Segundo Brown & Ulgiati (1997), o SI representa a razão entre o aproveitamento dos recursos (EYR) em relação ao impacto ambiental (ELR). Quanto melhor o aproveitamento dos recursos e menor o impacto ambiental, maior será o índice de sustentabilidade, ou seja, maior será a contribuição do sistemas para a sustentabilidade da biosfera. A Equação 1 ilustra a fórmula.

Figura 3. Limites da metodologia avaliação em eMergia.



Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

$$SI = EYR \div ELR \quad (1)$$

O SI pressupõe que para fins de sustentabilidade ambiental, quanto maior esse índice, mais sustentável é o sistema avaliado, porque minimiza a carga ambiental, ou seja, maximiza a razão entre o aproveitamento dos recursos empregados (EYR) em relação ao impacto ambiental (ELR) (Brown & Ulgiati, 1997).





O conceito de sustentabilidade, considerando a dimensão ambiental (biosfera), está associado à maximização de EYR e a minimização de ELR, ou seja, um setor, uma empresa ou produto/serviço deveria ter o máximo aproveitamento do investimento com um mínimo de consumo dos recursos ambientais.

Para valores de SI abaixo de 1, são indicativos de sistemas não sustentáveis (Brown & Ulgiati, 1997). Sistemas com valores maiores que 1 indicam contribuições sustentáveis para o meio ambiente. A sustentabilidade em médio prazo pode ser caracterizada por um SI entre 1 e 5, enquanto sustentabilidade em longo prazo tem SI maior do que 5.

Rendimento em eMergia (EYR)

O EYR (*emergy yield ratio*) é a eMergia do fluxo de saída Y (produto, processo, sistema ou serviço) dividida pela soma das eMergias proveniente da economia F. A Equação 2 ilustra a fórmula.

$$EYR = (R + N + F) \div F \quad (2)$$

O EYR mensura a relação entre a eMergia total de saída do sistema avaliado e os recursos da economia/pagos não fornecidos, gratuitamente, pela biosfera (F). Representa a influência dos recursos F no sistema avaliado ou a utilização de recursos R e N no processo

Indicador de carga ambiental (ELR)

O ELR (*environmental loading ratio*) mostra a razão entre os fluxos de investimento econômico F, de recursos N e a eMergia associada ao fluxo de recursos R. A Equação 3 ilustra a fórmula.

$$ELR = (N + F) \div R \quad (3)$$

O ELR avalia o estresse dos ecossistemas decorrentes das atividades do sistema avaliado. Valor alto de ELR pode indicar um estresse de uso de recursos R (Odum, 1996).

Brown & Ulgiati (2002) desenvolveram uma maneira para avaliar a contabilidade em eMergia com a utilização do SI, em que as reservas utilizadas para a obtenção dos produtos e os componentes do sistema produtivo, constituem relações, que são avaliadas por meio desse índice, considerando os insumos disponíveis locais, os importados de fora do sistema e a fração de insumos renováveis e não renováveis. Barrella *et al.* (2005) e Giannetti *et al.* (2007a) diagrama ternário de eMergia, em que, por meio de um diagrama triangular equiláteroas três variáveis (R, N e F) utilizadas no objeto de estudo são associadas às porcentagens de cada recurso, ou seja, a soma dos recursos R, N e F será sempre 100%. Assim, é possível representar as três variáveis em duas dimensões, possibilitando melhor





visualização e entendimento da contribuição dos recursos ambientais (R e N) e econômicos/pagos (F) num sistema.

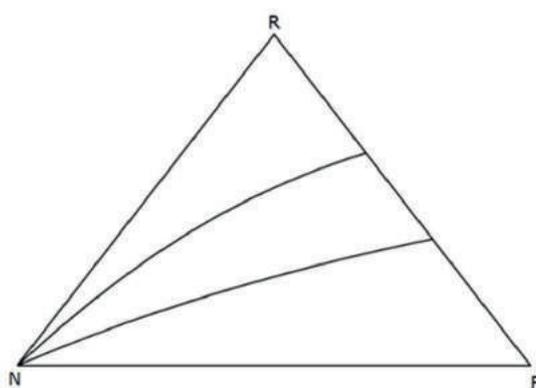
Os fluxos de recursos R e N são fornecidos pela biosfera e não têm valor econômico mensurado pelas métricas contábeis tradicionais, enquanto os recursos R podem ser repostos pelo ambiente ao menos na mesma velocidade com que são consumidos, os recursos N podem ser explorados sem que haja tempo para sua recuperação pelo ambiente. Os recursos F são provenientes do mercado e possuem valor em moeda (Giannetti *et al.*, 2007a).

O diagrama ternário em eMergia possibilita:

- ✓ identificar tendências e diferenças em relação à sustentabilidade dos sistemas avaliados;
- ✓ verificar variáveis que podem ser trocadas e/ou rearranjadas para melhorar o desempenho ambiental de um sistema;
- ✓ mensurar a eficiência do sistema quanto ao uso de reservas e capacidade de suporte do ambiente, necessário à sua atividade; e
- ✓ comparar e acompanhar performance do sistema avaliado ao longo do tempo (Giannetti *et al.*, 2007b).

O diagrama ternário em eMergia complementa a contabilidade ambiental de Odum e amplia a metodologia na medida em que permite estabelecer e facilmente visualizar as linhas de sustentabilidade, comparando processos e identificando sistemas de produção mais amigáveis ao meio ambiente (Figura 4).

Figura 4. Diagrama ternário em eMergia e linhas de sustentabilidade.



Fonte: Giannetti *et al.* (2007b, p. 12).

A avaliação em eMergia mensura cientificamente a interferência das empresas do segmento de abastecimento de água e saneamento listadas na BM&FBOVESPA (CASAN, COPASA, SABESP e SANEPAR) na biosfera, segregando e inventariando recursos N e R (Figuras 3 e 4), em conformidade com as determinações do Conselho Deliberativo do ISE.





■ METODOLOGIA

Para atingir o objetivo proposto neste trabalho definiram-se as fronteiras do sistema de cada empresa com as fontes de energia e materiais que o alimentam, construído um diagrama de energia do sistema, utilizando simbologia própria para a representação dos diversos componentes de cada empresa (Odum, 1996), foram resumidos os fluxos em um diagrama agregado dos fluxos de energia.

A partir do diagrama de energia dos sistemas, construiu-se uma tabela com todas as entradas de energia e materiais das empresas avaliadas, selecionando-se a transformidade ou eMergia específica para cada uma dessas entradas para cálculo da eMergia, conforme Tabelas 6 e 7.

As entradas para cálculo da eMergia de cada empresa foi obtida dos demonstrativos financeiros anuais (balanços), do exercício de 2013, publicados pelas empresas avaliadas.

Considerando que no exercício de 2013 as empresas não utilizaram a totalidade dos recursos disponíveis, porque os itens de natureza permanente beneficiam vários exercícios sociais, o inventário de recursos em seJ/ano contemplou o percentual de utilização desses itens em conformidade com a legislação vigente (Brasil, 1976, 1999).

A partir do inventário das entradas de energia e materiais das empresas no exercício de 2013, foram inventariados os recursos R, N e F, em unidades, transformidades e eMergia/unidade, conforme Tabela 8.

A Figura 5 apresenta os fluxos de recursos R, N e F resumidos das empresas SABESP, COPASA, SANEPAR e CASAN inventariados, considerando as entradas de energia e materiais, a partir dos dados publicados nos demonstrativos financeiros anuais (balanços), do exercício de 2013.

Considerando o fluxo de trocas entre o meio ambiente e os sistemas de produção/consumo, a fim de verificar se os consumidores estão pagando, em seJ/J ou seJ/R\$, os recursos recebidos dos ecossistemas naturais quando compram produtos e serviços pagos em dinheiro (Odum, 1996), apresenta-se a relação recursos recebidos pelos clientes *versus* recursos pagos em eMergia, a partir do inventário de recursos das empresas (Tabela 2).

Calculou-se os indicadores da contabilidade em eMergia (EYR, ELR e SI, Tabela 3) e construiu-se o diagrama ternário em eMergia e suas linhas de sustentabilidade para melhor visualização da posição das empresas em relação aos indicadores de sustentabilidade ambiental (Figura 2).





■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fluxo de trocas entre o meio ambiente e as empresas, em seJ/J ou seJ/R\$

A relação recursos recebidos pelos clientes *versus* recursos pagos em eMergia, a partir do inventário de recursos das empresas, considerando o fluxo de trocas entre o meio ambiente e os sistemas de produção/consumo (Odum, 1996), estão apresentados na Tabela 2.

A Tabela 2 revela que a razão média da quantidade de recursos em eMergia recebida pelos clientes das empresas pela eMergia paga, é de 1,42. Os clientes receberam em 2013, em média, 42% mais recursos em eMergia do que pagaram em seJ.

Os consumidores do estado de Santa Catarina (CASAN) são os que menos pagam pelos serviços de tratamento de água e esgoto sanitário. Pagam 58% da eMergia recebida ou recebem 73% a mais em recursos em eMergia, indicando significativa vantagem para os consumidores. Já os os consumidores do estado de São Paulo (SABESP) são os que mais pagam pelos serviços de tratamento de água e esgoto sanitário. Pagam 88% da eMergia recebida ou recebem 13% a mais em eMergia, indicando também vantagem para os consumidores.

Os clientes das empresas pagaram nas tarifas de água e tratamento de esgotos, em R\$ médios, 72,5% da eMergia total recebida. Em eMergia, há uma relação de desvantagem entre a biosfera e o sistema de tratamento de água e esgotamento sanitário operado pelas empresas avaliadas neste estudo.

Indicadores da contabilidade em eMergia

Os indicadores da contabilidade em eMergia (EYR, ELR e SI) estão apresentados na Tabela 3 e o diagrama ternário em eMergia e suas linhas de sustentabilidade para melhor visualização das posições das empresas em relação aos indicadores de sustentabilidade ambiental estão ilustrados na Figura 2.

A Tabela 3 mostra que todas as empresas avaliadas apresentam sustentabilidade no longo prazo (Brown & Ulgiati, 1997) porque apresentaram SI maior do que 5. As empresas SABESP e SANEPAR são as que apresentam maior SI, ou seja, operam com melhores condições de sustentabilidade no longo prazo. Assim, a SANEPAR deveria integrar o ISE no período de janeiro de 2014 a 2 de janeiro de 2015 em lugar da COPASA.

A CASAN possui a pior classificação no ranqueamento pelo SI, maior carga ambiental (ELR), menor uso de recursos R e maior emprego de recursos N em suas atividades operacionais.



Tabela 6. Entradas de energia e materiais utilizados pelas empresas em 2013.

R\$ transformidade do Brasil 2013	Unid.	Quantidade				Emergia sej/unid.	Unid.	Fonte
		SABESP	COPASA	SANEPAR	CASAN			
Recursos R (água)^a	m ³	4.686.347.400	1.478.868.607	1.185.347.038	271.340.745	2,92E+11	Sej/m ³	Buenfil (média)
Recursos pagos (F) - fluxo								
Custos e despesas	R\$	8.399.283.000	3.148.360.000	1.826.049.000	556.643.000	6,22E+12	EmR\$/ano	c
Impostos ^b	R\$	732.040.000	146.363.000	141.226.000	25.037.000	6,22E+12	EmR\$/ano	c
Uso de ativos (F) - estoques								
Circulantes	R\$	3.254.087.000	1.079.708.000	601.122.000	345.860.000	6,22E+12	EmR\$/ano	c
Realizável a Longo Prazo	R\$	896.781.000	1.270.102.000	577.633.000	187.462.000	6,22E+12	EmR\$/ano	c
Permanentes								
Investimentos	R\$	77.699.000	260.000	2.937.000	304.000	6,22E+12	EmR\$/ano	c
Imobilizado	R\$	199.496.000	5.334.365.000	5.314.728.000	290.998.000	6,22E+12	EmR\$/ano	c
Intangível	R\$	23.846.231.000	8.672.619.000	251.607	1.504.284.000	6,22E+12	EmR\$/ano	c
Total empregado (F)	R\$	13.559.386.000	19.651.777.000	8.463.946.607	2.910.588.000			(R+F)
Total empregado (média Buenfil)	Sej/m ³					2,27E+12		Buenfil (média)
Produção de água potável	m ³	2.149.100.000	685.476.240	578.751.800	177.627.190	3,20E+11	Sej/m ³	Buenfil (2001)
Produção de esgoto tratado	m ³	1.579.100.000	455.626.080	372.570.060	31.096.460	1,05E+11	Sej/m ³	Arias & Brown (2009)
Total Y	m ³	3.728.200.000	1.141.102.320	951.321.860	208.723.650	2,26E+12	Sej/m ³	Buenfil (Tampa Bay)
Recebido dos clientes	R\$	11.315.567.000	3.714.818.000	2.370.179.000	659.952.000	6,22E+12	EmR\$/ano	c
Tarifa média água potável	R\$/m ³	5,27	5,42	4,10	3,72			

alncui perdas no processo; blmposto de Renda e Contribuição Social; cUniversity of Florida (2014).

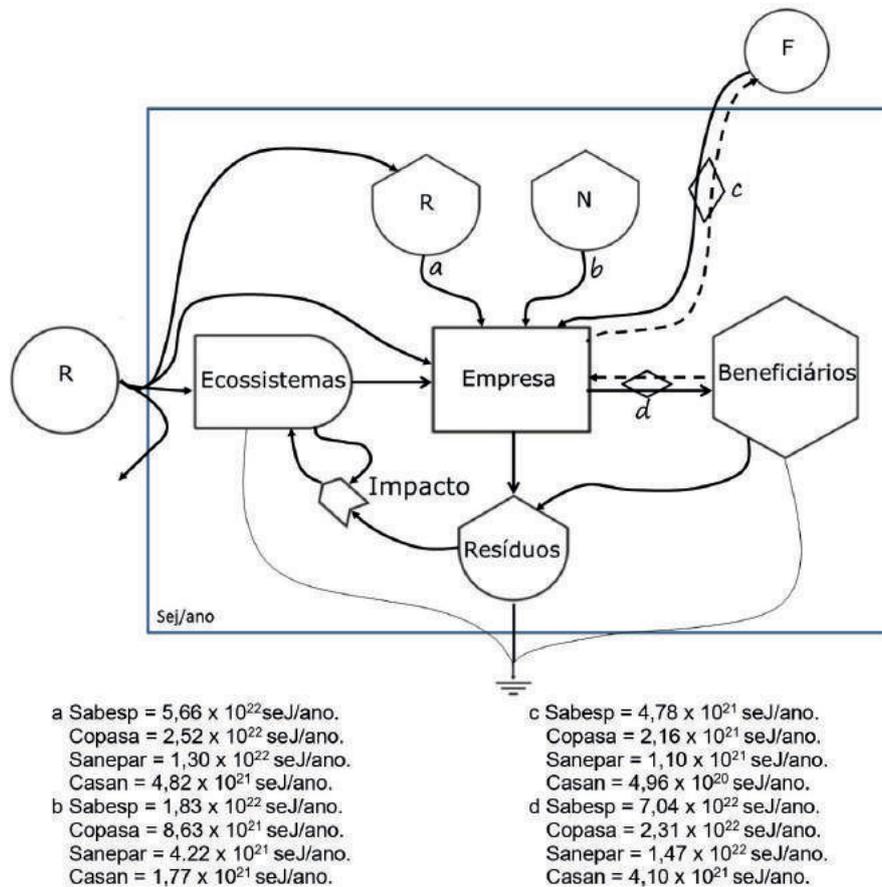
Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

Tabela 7. Entradas de energia e materiais utilizados pelas empresas em 2013 em Sej/ano.

R\$ transformidade do Brasil 2013	Unid.	Vida útil ^c	Quantidade			
			SABESP	COPASA	SANEPAR	CASAN
Recursos R (água)^a	m ³		4.686.347.400	1.478.868.607	1.185.347.038	271.340.745
Recursos pagos (F) - fluxo						
Custos e despesas	R\$	1	8.399.283.000	3.148.360.000	1.826.049.000	556.643.000
Impostos ^b	R\$	1	732.040.000	146.363.000	141.226.000	25.037.000
Uso de ativos (F) - estoques						
Circulantes	R\$	1	3.254.087.000	1.079.708.000	601.122.000	345.860.000
Realizável a Longo Prazo	R\$	5	896.781.000	1.270.102.000	577.633.000	187.462.000
Permanentes						
Investimentos	R\$	25	77.699.000	260.000	2.937.000	304.000
Imobilizado	R\$	25	199.496.000	5.334.365.000	5.314.728.000	290.998.000
Intangível	R\$	10	23.846.231.000	8.672.619.000	251.607	1.504.284.000
Total empregado (F)	R\$		13.559.386.000	19.651.777.000	8.463.946.607	2.910.588.000
Total empregado (média Buenfil)	Sej/m ³					
Produção de água potável	m ³	1	2.149.100.000	685.476.240	578.751.800	177.627.190
Produção de esgoto tratado	m ³	1	1.579.100.000	455.626.080	372.570.060	31.096.460
Total Y	m ³		3.728.200.000	1.141.102.320	951.321.860	208.723.650
Recebido dos clientes	R\$	1	11.315.567.000	3.714.818.000	2.370.179.000	659.952.000
Tarifa média água potável	R\$/m ³		5,27	5,42	4,10	3,72

Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

Figura 5. Fluxos resumidos de recursos das empresas em 2013.



Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

Tabela 8. Inventário de recursos R, N e F das empresas.

	Sej/ano (%)			
	SABESP	COPASA	SANEPAR	CASAN
R	71%	70%	71%	68%
N	23%	24%	23%	25%
F	6%	6%	6%	7%

Fonte: Elaborado pelos autores (2014).

CONCLUSÕES

Para atingir o objetivo avaliar a interação de variáveis de sustentabilidade ambiental nas empresas de abastecimento de água e saneamento listadas na BM&FBOVESPA em 2014, definiram-se as fronteiras do sistema de cada empresa com as fontes de energia e materiais que o alimentam, foi construído um diagrama de energia do sistema (Odum, 1996) e foram resumidos os fluxos em um diagrama agregado dos fluxos de energia.

As Tabelas 6 e 7 mostram todas as entradas de energia e materiais das empresas avaliadas, selecionando-se a transformidade ou eMergia específica para cada uma dessas entradas para cálculo da eMergia.



A partir do inventário das entradas de energia e materiais das empresas no exercício de 2013, foram inventariados os recursos R, N e F, em unidades, transformidades e eMergia/unidade, conforme Tabela 8.

Os resultados da verificação em que questiona se os consumidores estão pagando, em seJ/J ou seJ/R\$, os recursos recebidos dos ecossistemas naturais quando compram produtos e serviços pagos em dinheiro (Odum, 1996), relação recursos recebidos pelos clientes *versus* recursos pagos em eMergia, foram apresentados na Tabela 2.

O cálculo dos indicadores da contabilidade em eMergia (EYR, ELR e SI) e o diagrama ternário em eMergia e suas linhas de sustentabilidade indicando as posições das empresas em relação aos indicadores de sustentabilidade ambiental foram apresentados na Tabela 3 e Figura 2.

Incorporar requisitos científicos de mensuração física do uso de recursos N e R das atividades empresariais possibilitam que investidores possam direcionar recursos para empresas que gerem maior sustentabilidade ambiental no longo prazo.

A principal limitação deste estudo foi avaliar as variáveis de sustentabilidade ambiental das empresas ancorado nas informações dos demonstrativos financeiros anuais (balanços) publicados.

A título de sugestões para estudos futuros, são muitas as possibilidades de ampliação, aprofundamento e desenvolvimento de metodologias e ferramentas científicas, nos campos teórico e empírico, para mensuração da interferência das atividades de produção na biosfera.

É inegável a convergência em relação à necessidade de se avaliar a dimensão ambiental de empresas/setores empresariais. As ferramentas e metodologias de mensuração científica que alcancem os limites dos ecossistemas naturais e mensurem fisicamente a interferência das atividades produtivas sobre a biosfera são o caminho mais seguro para avaliar a sustentabilidade na dimensão ambiental.

No campo jurídico, incorporar requisitos científicos de mensuração física do uso de recursos N, R, F e seus indicadores das atividades produtivas em leis, normas e atributos legais de proteção jurídica aos ecossistemas naturais pode contribuir para minimizar a degradação dos ecossistemas.

Na área de avaliação de investimentos de capital, incorporar requisitos científicos de mensuração física do uso de recursos N, R, F das atividades produtivas considerando a escala econômica, possibilita que investidores direcionem recursos para investimentos que gerem maior sustentabilidade ambiental no longo prazo.

No âmbito da gestão das empresas, incorporar requisitos científicos de mensuração física do uso de recursos N, R, F das atividades produtivas considerando a escala econômica nas técnicas e ferramentas de gestão, pode contribuir para interiorizar na contabilidade





financeira das empresas métricas, que ampliem os significados tradicionais de ativos e passivos contábeis, relacionando-os à preservação de toda biosfera, conforme conceitos de equilíbrio e accountability (Kassai *et al.*, 2012).

Como afirma Meadows (1998), mensurar o que é imensurável pode ter um aspecto ambíguo: os indicadores podem ser profícuos ou perigosos na tomada de decisões, principalmente quando há superagregação subjetiva de muitos dados num único índice. Os “indicadores de dimensão ambiental” mitigam a agregação subjetiva aos indicadores porque são ancorados em metodologias científicas com medições físicas.

■ REFERÊNCIAS

1. Agência Nacional de Águas – ANA. (2014). *Abastecimento urbano de água*. Brasília. Recuperado em 13 de outubro de 2015, de <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>
2. Alves, V. C., & Barbosa, A. S. (2013). Práticas de gestão ambiental das indústrias coureiras de Fraca-SP. *Gestão & Produção*, 20(4), 883-898. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2013005000006>.
3. Anchieta, J. (1595). *Arte de grammatica da lingua mais usada na costa do Brasil feyta pelo P. Ioseph de Anchieta Theologo e Provincial que foy da Cõpanhia de Iesu nas partes do Brasil, com licença do Ordinário e Prepósito Geral da Companhia de Iesu em Coimbra por Antonio de Mariz, 1595*. São Paulo: Biblioteca Brasileira Guita e José Mindlin. Recuperado em 22 de agosto de 2017, de <http://www.brasiliana.usp.br/handle/1918/00059200#page/5/mode/1up>
4. Arias, M. E., & Brown, M. T. (2009). Feasibility of using constructed treatment wetlands for municipal wastewater treatment in the Bogota Savannah, Colombia. *Ecological Engineering*, 35(7), 1070-1078. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.03.017>.
5. Barrella, F. A., Almeida, C. M. V. B., & Giannetti, B. F. (2005). Ferramenta para tomada de decisão considerando a interação dos sistemas de produção e o meio ambiente. *Revista Produção*, 15(1), 87-101. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132005000100008>.
6. Barret, G. W., & Odum, E. P. (2007). *Fundamentos de ecologia*. São Paulo: Thomson Learning.
7. Bassetto, L. I. (2010). A incorporação da responsabilidade social e sustentabilidade: um estudo baseado no relatório de gestão 2005 da Companhia Paranaense de Energia – COPEL. *Revista Gestão & Produção*, 17(3), 639-651. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2010000300016>.
8. Bertolini, G. R. F., Rojo, C. A., & Lezana, Á. G. R. (2012). Modelo de análise de investimentos para fabricação de produtos ecologicamente corretos. *Revista Gestão & Produção*, 19(3), 575-588. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2012000300010>.
9. BM&FBOVESPA. (2014a). *Empresas listadas*. Recuperado em 31 de março de 2014, de <http://www.bmfbovespa.com.br/Cias-Listadas/Empresas-Listadas/>
10. BM&FBOVESPA. (2014b). *Carteira do ISE*. Recuperado em 28 de março de 2014, de <http://www.bmfbovespa.com.br/pt-br/noticias/2013/BMFBOVESPA-divulga-a-carteira-do-ISE-para-2014-2013-11-28.aspx?tipoNoticia=1&idioma=pt-br>





11. BM&FBOVESPA. (2015). *Empresas listadas*. Recuperado em 13 de abril de 2015, de <http://www.bmfbovespa.com.br/Cias-Listadas/Empresas-Listadas/>
12. BM&FBOVESPA. (2016). Índices. Recuperado em 12 de janeiro de 2016, de <http://www.bmfbovespa.com.br/indices/ResumoEvolucaoDiaria>
13. Brasil. (1976, 15 de dezembro). *Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976. Características e Natureza da Companhia ou Sociedade Anônima*. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil.
14. Brasil. (1999, 7 de janeiro). *Instrução normativa SRF nº162, de 31 de dezembro de 1998. Fixa prazo de vida útil e taxa de depreciação dos bens que relaciona*. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil.
15. Brasil. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. (2006). *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*. Brasília.
16. Brown, L. R. (2009) *Plano B 4.0: mobilização para salvar a civilização*. São Paulo: New Content.
17. Brown, M. T., & Ulgiati, S. (1997). Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. *Ecological Engineering*, 9(1-2), 51- 69. [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-8574\(97\)00033-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-8574(97)00033-5).
18. Brown, M. T., & Ulgiati, S. (2002). Emergy evaluations and environmental loading of electricity production systems. *Journal of Cleaner Production*, 10(4), 321- 334. [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526\(01\)00043-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-6526(01)00043-9).
19. Buenfil, A. (2001). *Emergy evaluation of water* (Dissertation). University of Florida, Gainesville.
20. Campos, L. M. S., Sehnem, S., Oliveira, M. A. S., Rossetto, A. M., Coelho, A. L. A. L., & Dalfovo, M. S. (2013). Relatório de Sustentabilidade: perfil das organizações brasileiras e estrangeiras segundo o padrão Global Reporting Initiative. *Gestão & Produção*, 20(4), 5. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2013005000013>.
21. Collen, B.; Goldfinger, S.; Kalter, R.; McRae, L.; Kitzes, J., Wackernagel, M. (2008). *2010 and beyond rising to the biodiversity challenge*. Gland: WWF.
22. Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. (1991). *Nosso futuro comum* (2. ed.). Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas.
23. Marques, R. C., Cruz, N. F., & Pires, J. (2015). Measuring the sustainability of urban water services. *Environmental Science & Policy*, 54, 142-151. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2015.07.003>.
24. Daly, H. E. (1996). *Beyond growth*. Boston: Beacon Press Books.
25. Di Agustini, C. A. (2009). *Mercado de capitais e análise de ações*. São Paulo: Globus Editora.
26. Ferreira, A. B. H. (2001). *Novo dicionário da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
27. Giannetti, B. F., Barrella, F. A., Bonilla, S. H., & Almeida, C. M. V. B. (2007a). Aplicações do diagrama emergético triangular na tomada de decisão ecoeficiente. *Revista Produção*, 17(2), 246-262. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132007000200003>.





28. Giannetti, B. F., Neis, A. M., Bonilla, S. H., & Almeida, C. M. V. B. (2007b) Decisões e sustentabilidade ambiental. In P. L. O. Costa No. (Ed.), *Qualidade e competência nas decisões* (1. ed., Vol. 1, pp. 315-336). São Paulo: Edgarg Blücher.
29. Kassai, J. R., Feltran-Barbieri, R., Carvalho, L. N., Foschine, A., Cintra, Y. C., & Afonso, L. E. (2012). Balanço contábil das nações: reflexões sobre os cenários de mudanças climáticas locais. *Brazilian Business Review*, 9(1), 65-109.
30. Kerk, G., & Manuel, A. (2008). Contribution to Beyond GDP “Virtual Indicator Expo” Sustainable Society Index (SSI): a new comprehensive index for world wide use. In *Proceedings of the International Conference of Beyond GDP: Measuring Progress, True Wealth, and the Well Being of Nations* (pp. 14). Brussels, Belgium.
31. McKelvey, B. (1982). *Organizational systematics: traxonomy, evolution, classification*. Berkeley: University of California Press.
32. Meadows, D. (1998). *Indicators and information systems for sustainable development*. Hartland: The Sustainability Institute.
33. Miranda, E. E. (2009). *Natureza, conservação e cultura*. São Paulo: Metalivros.
34. Munck, L., & Souza, R. B. (2013). Compreensão do desenvolvimento sustentável em contextos organizacionais a partir do estabelecimento de tipos ideais. *Revista O&S*, 20(67), 651-674.
35. Odum, H. T. (1996). *Environmental accounting: emergy and environmental decision making*. New York: John Wiley & Sons.
36. Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS. (2014). *Boletim diário*. Recuperado em 25 de setembro de 2014, de http://www.ons.org.br/resultados_operacao/boletim_diario/index.htm
37. Pontes, C. A. A., & Schramm, F. R. (2004). Bioética da proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável. *Cadernos de Saude Publica*, 20(5), 1319-1327. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2004000500026>. PMID:15486675.
38. Pulselli, M. F., Bastianoni, S., Marchettini, N., & Tiezzi, E. (2008). *The road to sustainability*. Boston: WIT Press.
39. Ramsey, M. (2012, 26 de Julho). *Built Ford tough, with Aluminum?* The Wall Street Journal. Recuperado em 26 de julho de 2012, de <http://online.wsj.com/article/C46E47E2-CD54-4132-AAC6-6E56544E9A23.html#!C46E47E2-CD54-4132-AAC6-6E56544E9A23>
40. Molinos-Senante, M., Mocholí-Arce, M., & Sala-Garrido, R. (2016). Estimating the environmental and resource costs of leakage in water in a distribution systems: a shadow price approach. *The Science of the Total Environment*, 568, 180-188. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.020>. PMID:27289397.
41. Sant’Ana, N. L. S., Medeiros, N. C. D., Silva, S. A. L., Menezes, J. P. C. B., & Chain, C. P. (2016). Concentração de propriedade e desempenho: um estudo nas empresas brasileiras de capital aberto do setor de energia elétrica. *Revista Gestão & Produção*, 23(4), 718-732. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530x2576-15>.
42. Sistema Cantareira. (2014). *Notícias e informações sobre o maior complexo de abastecimento da Grande São Paulo*. Recuperado em 3 de abril de 2014, de <http://sistamacantareira.com.br/>





43. Swearer, D. K. (2004) *Buddhism and ecology: challenge and promise*. Yale: Yale School of Forestry & Environmental Studies.
44. United Nations World Water Assessment Programme – WWAP. (2014). *The United Nations World Water Development Report 2014: water and energy*. Paris, UNESCO.
45. United Nations – UN. General Assembly. (1993, 29 de janeiro) *Forty-seventh session: agenda item 79. Resolution adopted by the General Assembly [on the report of the second Committee (A/47/719)]47/191: Institutional arrangements to follow up the United Nations Conference on Environment and Development*. Recuperado em 13 de outubro de 2015, de <http://www.un.org/documents/ga/res/47/ares47-191.htm/>
46. University of Florida. United Nations Environment Programme – UNEP. (2014). *Environmental Accounting and Systems Synthesis of Land Management Interventions at Multiple Scales in the Sahel Region of West Africa: Database Resources: Brazil (2000)*. Florida. Recuperado em 18 de fevereiro de 2014, de http://sahel.ees.ufl.edu/database_resources.php?search_type=basic&contry=BRA



Balanceamento de uma linha de montagem de produtos eletrônicos considerando estações em paralelo

| **Carlos Ernani Fries**
UFSC

| **Maysa Amorim Laurentino**
UFSC

| **Raymundo Furukawa**
UFSC

| **Edson Pacheco Paladini**
UFSC

RESUMO

O balanceamento de linhas consiste na alocação de tarefas a estações de forma a equalizar a carga de trabalho e atingir a taxa de produção requerida para o atendimento da demanda. No entanto, a despeito da vasta literatura sobre o assunto e, embora inúmeros modelos de balanceamento tenham sido desenvolvidos, este procedimento é ainda realizado de forma empírica por muitas empresas. Isto é o que ocorre na linha de montagem de receptores digitais da qual trata este trabalho. Nela, algumas das tarefas elementares têm tempos de execução superiores ao tempo de ciclo requerido. Para contornar este inconveniente, estações idênticas são instaladas em paralelo, de forma que a este conjunto esteja associado um tempo de ciclo local equivalente ao tempo de ciclo global multiplicado pelo número de estações paralelas empregadas. Este trabalho propõe um novo design para a linha de receptores a partir da aplicação de um modelo de programação linear inteira mista de balanceamento que considera a alocação de estações paralelas a tem por objetivo minimizar o número de estações. A configuração obtida apresenta 23 estações distribuídas em dez estágios sequenciais. A análise realizada mostrou que o novo design permite a melhoria do desempenho do sistema graças à diminuição da ociosidade da linha, diminuição do tempo de ciclo real e do número total de estações.

Palavras-chave: Balanceamento de Linhas, Estações em Paralelo, Indústria Eletrônica.



■ INTRODUÇÃO

Linhas de montagem são sistemas de produção em fluxo contínuo onde os meios de produção são dispostos de acordo com as operações que precisam ser realizadas. Estes sistemas são de grande importância na produção industrial e são tradicionalmente voltados para a produção de produtos pouco diferenciados fabricados em grandes volumes (BOYSEN *et al.*, 2007). No entanto, desde os tempos de Henry Ford e seu modelo T, as exigências quanto aos produtos e conseqüentemente os requisitos de produção dos mesmos vêm mudando drasticamente, fazendo com que as empresas passem a adotar variações de linhas de montagem também para produção sob encomenda e produção em lote de forma a responder às expectativas de diversificação dos consumidores (BOYSEN *et al.*, 2007; UDDIN *et al.*, 2010). Como destacam Boysen *et al.* (2007), o balanceamento é um fator crítico na busca por sistemas eficientes de produção e em tempos de recessão, como a que o país vem enfrentando em 2015, esta atividade torna-se ainda mais importante na racionalização dos recursos frente ao aumento de custos e diminuição da demanda. No entanto, apesar da vasta gama de pesquisas realizadas sobre balanceamento de linhas e dos variados modelos desenvolvidos com esse fim, esta tarefa ainda é realizada de maneira empírica em muitas empresas. Isto é o que ocorre na linha de montagem de receptores digitais estudada neste artigo. O gerente da fábrica, com base na sua própria experiência e lançando mão da técnica de tentativa e erro, busca adequar o design da linha à demanda da fábrica.

Este trabalho tem por objetivo apresentar e aplicar um modelo de balanceamento à linha de montagem desta fábrica condizente com as especificidades do sistema. Entre estas peculiaridades destaca-se o fato de que algumas das tarefas elementares têm duração bastante superior ao tempo de ciclo requerido. Como na maioria das pesquisas, os tempos de execução das tarefas são considerados indivisíveis enquanto o tempo de ciclo do sistema fica limitado ao tempo da tarefa mais longa (FAALAND *et al.*, 1992). Ou seja, no caso da linha estudada, a existência destas tarefas tornaria impossível, à priori, o atendimento da demanda existente. Para contornar este inconveniente, são instaladas estações em paralelo idênticas àquelas cujo tempo se deseja reduzir.

Portanto, este trabalho busca definir um novo design para a linha de produção de receptores digitais a partir de um modelo de balanceamento de linha com estações paralelas.

■ BALANCEAMENTO DE LINHAS DE PRODUÇÃO

Uma linha de produção ou linha de montagem é um sistema de produção orientado para o fluxo, em que as estações de trabalho são dispostas sequencialmente e a os produtos



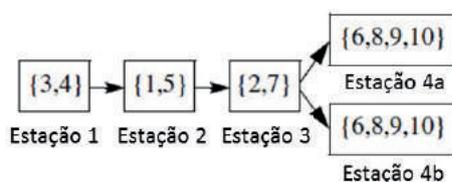


visitam sucessivamente as estações e são frequentemente movimentados por uma esteira ou outro sistema de transporte (BOYSEN *et al.*, 2007).

O problema de balanceamento consiste na alocação de tarefas às estações visando equalizar a carga de trabalho por estação, e obter um tempo de processamento próximo do tempo de ciclo (SMIDERLE *et al.*, 1997).

Devido ao fato das tarefas serem indivisíveis, o tempo da tarefa mais longa é o *lower bound* para o tempo de ciclo da linha. Se uma ou mais tarefas possuírem tempos de execução superiores ao tempo de ciclo requerido, duplicar estações pode resolver o problema (BECKER; SCHOLL, 2006). Neste caso, irão existir duas estações idênticas providas dos mesmos equipamentos realizando as mesmas tarefas. Esta configuração é representada na Figura 1. Estações paralelas possuem um tempo de ciclo local correspondente ao dobro do tempo de ciclo e os produtos e as peças em processamento vindas da estação anterior alimentam as estações em paralelo alternadamente. (BECKER; SCHOLL, 2006).

Figura 1. Exemplo de linha de produção com estações paralelas.



Dentre as vantagens decorrentes da utilização de estações paralelas, Bukchin e Rubinovitz (2002) destacam:

- um possível aumento da eficiência do balanceamento, decorrente da diminuição da ociosidade da linha;
- a possibilidade de atingir altas taxas de produtividade, ou, analogamente, baixos tempos de ciclo;
- e aumento da confiabilidade do sistema, uma vez que, em uma linha sequencial, uma falha em uma estação interrompe o funcionamento da linha, enquanto que a existência de linhas paralelas permite a continuidade do funcionamento da mesma à uma taxa de produção menor.

A formulação utilizada neste trabalho foi proposta por Bukchin e Rubinovitz (2002). Trata-se de um modelo de programação linear inteira mista, onde as variáveis de decisão são de natureza binária e são descritas como segue:



$$x_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{se a tarefa } i \text{ é alocada no estágio } j \\ 0, & \text{em caso contrário} \end{cases}$$

$$y_{j,k} = \begin{cases} 1, & \text{se há exatamente } k \text{ estações paralelas no estágio } j \\ 0, & \text{em caso contrário} \end{cases}$$

tem-se ainda os parâmetros:

P_i = conjunto de tarefas precedentes da tarefa i

c = tempo de ciclo

T_i = tempo de duração da tarefa i

w_k = peso (fator de urso) do emprego de k estações em paralelo em um estágio

J_{max} = número máximo de estágios

k_{max} = número máximo de estações em paralelo

n = número de tarefas

O problema de programação linear fica então assim definido:

$$\min \sum_{j=1}^{J_{max}} \sum_{k=1}^{K_{max}} W_k \cdot y_{j,k}$$

sujeito a:

$$\sum_{r=1}^{J_{max}} r \cdot x_{g,r} \leq \sum_{l=1}^{J_{max}} l \cdot x_{h,l} \quad \forall g, \forall h \text{ sujeito à } g \in P_h$$

$$\sum_{j=1}^{J_{max}} x_{i,j} = 1 \quad \forall i;$$

$$\sum_{i=1}^n t_i \cdot x_{i,j} \leq \sum_{k=1}^{K_{max}} k \cdot y_{j,k} \cdot c \quad \forall j;$$

$$\sum_{k=1}^{K_{max}} y_{j,k} \leq 1 \quad \forall j.$$

A primeira restrição garante que as exigências de precedência de cada tarefa sejam atendidas. A segunda assegura que todas as tarefas sejam executadas. A terceira restrição trata do atendimento do tempo de ciclo. Neste caso, se k estações paralelas são utilizadas em um dado estágio, a soma dos tempos das tarefas executadas neste estágio não deve



ultrapassar o tempo de ciclo multiplicado por k . A quinta restrição apresentada garante que o número k de estações paralelas abertas em um estágio seja único.

A função objetivo minimiza o custo total fictício. Para cada estágio existe um peso W_k (fator de custo) dependente do número de estações paralelas abertas no mesmo.

Ainda segundo Bukchin e Rubinovitz (2002), a escolha da forma de cálculo dos fatores W_k está associada ao objetivo que se pretende alcançar com o balanceamento.

Quando se deseja minimizar o número total de estações, não importando se estas estejam em paralelo ou em série, utiliza-se:

$$W_k = \frac{k}{k-1} \cdot W_{k-1} \quad k = 2, 3, \dots, K_{max} \quad (\text{Caso 1})$$

De acordo com esta expressão, o custo de n estações em paralelo é exatamente n vezes maior que o custo de uma única estação e, dessa forma, a criação de uma estação idêntica em paralelo é equivalente a adicionar uma nova estação sequencial na linha. Este é, geralmente, o caso de linhas de montagem manuais, onde a implantação de estações de trabalho não implica na utilização de ferramentas ou máquinas especiais.

No entanto, quando se deseja minimizar o número total de estações ao mesmo tempo em que se busca minimizar o número de estações em paralelo, o cálculo de W_k é feito como segue:

$$W_k = \frac{k}{k-1} \cdot W_{k-1} \quad k = 2, 3, \dots, K_{max} \quad (\text{Caso 2})$$

onde ϵ é uma constante cujo valor é pequeno que serve como penalidade para a abertura de estações em paralelo.

Por outro lado, quando a abertura de estações em paralelo é altamente indesejável, como no caso onde o custo de duplicação do equipamento é muito alto, utiliza-se:

$$W_k = A \cdot W_{k-1} \quad k = 2, 3, \dots, K_{max} \quad (\text{Caso 3})$$

onde A é um número suficientemente grande. Neste caso, minimiza-se o número de estações e apenas são abertas estações em paralelo quando estritamente necessário para atender o tempo de ciclo.



■ DESCRIÇÃO DA LINHA DE MONTAGEM ABORDADA NO ESTUDO

A linha de montagem monoproducto aqui abordada está localizada em Manaus-AM e produz receptores de televisão de sinal digital. Ela atende a uma demanda mensal média de 55 mil receptores, o que corresponde a um tempo de ciclo requerido de 11,95s.

O processo de montagem é composto de 47 tarefas elementares cujos tempos de execução são apresentados na Tabela 1. Estas informações foram obtidas a partir de material documental fornecido pelo gerente da empresa.

Nota-se que as tarefas 18 e 39 têm tempo de execução muito superior ao tempo de ciclo exigido, sendo de 43 e 25 segundos respectivamente.

A tarefa 18 tem sua longa duração devido ao tempo de inicialização do *software* do sistema. Esta tarefa ocorre após o receptor digital ser conectado a um monitor onde o sistema será configurado através de comandos manuais. Já a tarefa 39 é uma atividade de teste do produto e envolve uma série de procedimentos que devem ser realizados de modo a atestar o bom funcionamento do equipamento. A existência destas duas tarefas, que, a princípio inviabilizariam o alcance do tempo de ciclo requerido, justifica a aplicação do modelo de balanceamento com estações paralelas.

Tabela 1. Tempo de realização das tarefas.

Tarefa	Tempo (s)	Tarefa	Tempo (s)
1	5,5	25	3
2	4	26	2
3	9,6	27	2
4	3,5	28	1
5	8	29	1,2
6	4	30	2,5
7	10	31	3,3
8	4	32	3
9	7	33	2
10	2	34	2
11	6,5	35	2
12	9	36	5
13	3	37	3
14	2	38	3
15	2	39	25
16	2	40	9
17	4	41	4
18	43	42	5
19	10	43	11
20	5	44	1
21	10	45	0,7
22	5	46	2
23	2	47	0,5
24	3		

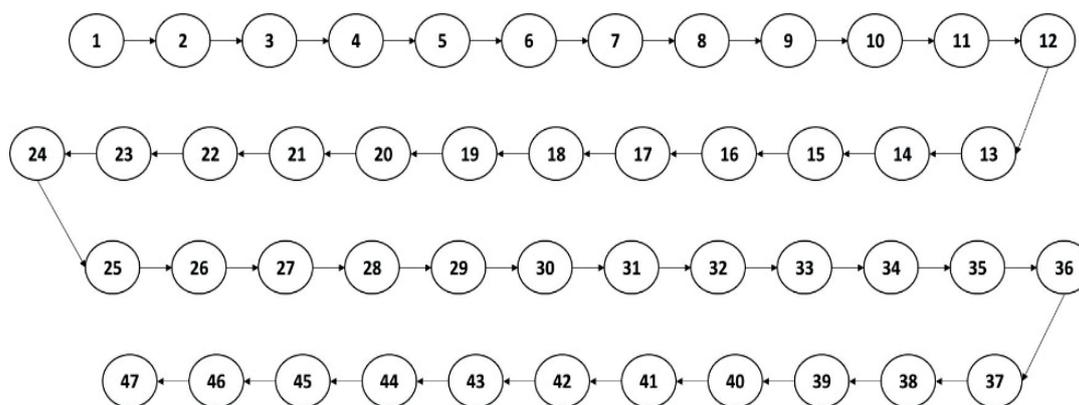
Fonte: elaborado pelos autores.



Quanto às relações de precedência, é conhecida apenas a ordem em que as tarefas são executadas na configuração atual da linha, e, portanto, o grafo de precedência foi considerado como sendo linear, conforme mostrado na Figura 2.

Com relação à escolha da forma de cálculo dos fatores W_k proposta por Bukchin e Rubinovitz (2002), optou-se pela utilização da equação referente ao Caso 2, uma vez que a forma de cálculo do W_k para esta situação é aderente com os objetivos da organização, tendo em vista que a utilização de estações paralelas prejudica o fluxo de materiais e aumenta as distâncias entre estações, o que justifica a sua minimização, ainda que, em virtude da montagem ser manual, a replicação de estações em paralelo não implique em grandes investimentos, não necessitando ser evitada a todo custo, como ocorre mediante a aplicação do Caso 3. Arbitrando-se $W_1 = 100$ e $\epsilon = 10$ encontrou-se conseqüentemente $W_2 = 210$, $W_3 = 310$ e $W_4 = 410$. Examinado o tempo de execução da tarefa mais longa ($t_{18} = 43s$) definiu-se $K_{max} = 4$, de forma a possibilitar o atendimento do tempo de ciclo de 11,95 segundos e não aumentar excessivamente o modelo de programação com restrições irrelevantes. Utilizou-se também $J_{max} = n = 47$ tarefas.

Figura 2. Relações de precedências das tarefas.



Fonte: elaborado pelos autores.

■ RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo apresentado foi implementado utilizando o software de programação matemática GAMS. A solução foi obtida em 17 minutos e 44 segundos e apresenta um *gap* relativo de 10% em relação à solução ótima para o problema relaxado das restrições de integridade. A Tabela 2 apresenta a alocação das tarefas e indica os estágios que apresentam estações replicadas. Observa-se que a configuração obtida apresenta 23 estações de trabalho distribuídas em 10 estágios de processamento. Esta solução representa um custo fictício de 2.350 unidades monetárias.





Tabela 2. Solução obtida com discrepância de 10% em relação à solução ótima do problema relaxado das restrições de integridade.

Estágio	Tempo Total (s)	k	Tempo da estação (s)	Tarefas alocadas
1	34,6	3	11,5	1,2,3,4,5,6
2	45,5	4	11,4	7,8,9,10,11,12,13,14,15,16
3	47	4	11,8	17,18
4	35	3	11,7	19,20,21,22,23,24
5	11,7	1	11,7	25,26,27,28,29,30
6	10,3	1	10,3	31,32,33,34
7	10	1	10,0	35,36,37
8	46	4	11,5	38,39,40,41,42
9	11	1	11,0	43
10	4,2	1	4,2	44,45,46,47
Número de estações= 23				

Fonte: elaborado pelos autores.

A Tabela 3 mostra as informações relativas ao balanceamento atual do sistema de montagem de receptores digitais. Nota-se que nas estações 2, 3, 8, 10, 12, 13 e 15, o tempo da estação para a configuração atual supera o tempo de ciclo requerido (decorrente da demanda) de 11,95s. No entanto, nas estações 3, 10 e 15 essa diferença não atinge 0,1% do tempo de ciclo, podendo a mesma ser ignorada.

Tabela 3. Configuração atual da linha de produção.

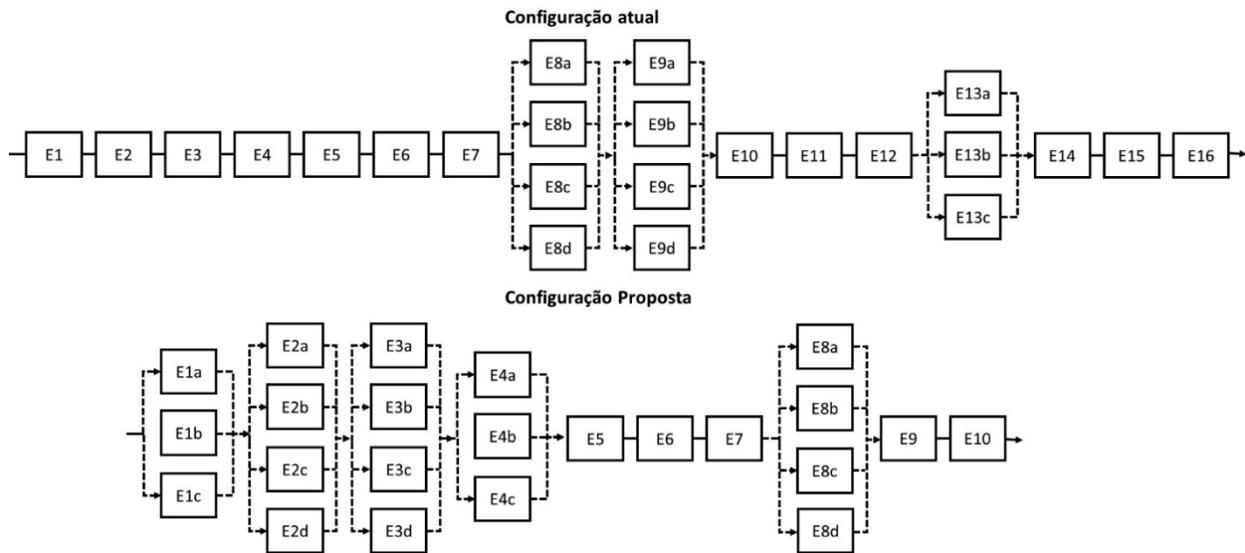
Estágio	Tempo Total (s)	k	Tempo da estação (s)	Tarefas alocadas
1	9,5	1	9,5	1,2
2	13,1	1	13,1	3,4
3	12	1	12,0	5,6
4	10	1	10,0	7
5	11	1	11,0	8,9
6	8,5	1	8,5	10,11
7	9	1	9,0	12
8	56	4	14,0	13,14,15,16,17,18
9	30	4	7,5	19,20,21,22
10	12	1	12,0	23,24,25,26,27
11	8	1	8,0	28,29,30,31
12	14	1	14,0	32,33,34,35,36
13	40	3	13,3	37,38,39,40
14	9	1	9,0	41,42
15	12	1	12,0	43,44
16	3,2	1	3,2	45,46,47
Número de estações: 24				

Fonte: elaborado pelos autores.

Ainda assim pode-se verificar que a linha está desbalanceada, não sendo capaz de atender a demanda existente sem que se faça uso de horas extras de serviço, o que implica em custos adicionais. As diferenças entre o *design* da linha atual e o *design* obtido pelo modelo podem ser visualizadas graficamente na Figura 3. Nota-se que o *design* atual prioriza as estações sequenciais, apresentando três estágios contendo estações em paralelo, enquanto que na configuração proposta há cinco estágios contendo estações paralelas.



Figura 3. Configurações atual e proposta da linha de produção.



Fonte: elaborado pelos autores.

Utilizou-se como instrumento de comparação entre as duas configurações os seguintes indicadores:

- número de estágios onde o tempo de ciclo foi desrespeitado;
- tempo de ciclo real verificado na linha;
- tempo total ocioso;
- tempo de ociosidade médio por estágio;
- número de estágios;
- número de estações em paralelo;
- número total de estações.

Os valores verificados para cada um desses indicadores são expostos na Tabela 4. Observa-se que enquanto na configuração atual são utilizadas 24 estações de trabalho, o design proposto faz uso de 23 estações. É verificada ainda a existência de 8 estações em paralelo na configuração em vigor, contra 12 na configuração proposta. Além disso, atualmente o tempo ocioso na linha é de 78,7s, tempo suficiente para a fabricação de ao menos cinco receptores. Na configuração obtida via modelo essa ociosidade é de apenas 15s. Isso corresponde a uma diminuição de 74%. O tempo médio ocioso por estação também diminuiu 80%. O tempo de ciclo verificado na situação presente é de 14s, 17% maior que o tempo de ciclo requerido, enquanto que a solução pelo modelo fornece um tempo de ciclo de 11,8s, abaixo do tempo requerido, distando apenas 1% do mesmo. Desta comparação, pode-se observar a superioridade do desempenho do design proposto, obtido através do modelo apresentado anteriormente.

Tabela 4. Comparação de indicadores entre a configuração atual e a proposta.

	Configuração atual	Configuração Proposta
Estágios onde $T > TC$ requerido	7	0
TC real	14s	11,8s
Tempo ocioso na linha	78,7s	15s
Tempo médio ocioso por estação	3,27s	0,65s
Número de estágios	16	10
Número de estações em paralelo	8	12
Número de estações	24	23

Fonte: elaborado pelos autores.

Convém destacar que a viabilidade da aplicação da melhor solução encontrada não pode ser analisada. Ou seja, o custo real da replicação de estações tendo em vista o custo de aquisição dos equipamentos requeridos não é conhecida e, portanto, não se pode garantir que a mesma possa de fato ser implementada no chão de fábrica.

■ CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho propôs um novo *design* para uma linha de montagem de receptores digitais. Para tal, definiu-se inicialmente quais eram as peculiaridades do sistema que deveriam ser consideradas na formulação do modelo, e a partir de então realizou-se a escolha e adaptação do modelo a ser aplicado. A solução obtida distribui as tarefas em 23 estações ao longo de 10 estágios sequenciais. A análise realizada mostrou que a aplicação desta solução acarretaria em uma diminuição do tempo ocioso médio por estação de 80% em relação ao verificado na situação atual. Além disso, eliminar-se-ia uma estação de trabalho e o tempo de ciclo passaria de 14s para 11,8s, aproximando-se bastante do requerido (11,95s), acarretando conseqüentemente um aumento da produtividade do sistema.

Os resultados evidenciam a superioridade do modelo matemático em relação ao método empírico, atualmente utilizado para o balanceamento da linha e denotam a importância da aplicação do saber acadêmico no contexto fabril. Destaca-se, porém, que, apesar da solução apresentar melhor desempenho do que a adotada atualmente, esta não é a solução ótima para o problema, uma vez que, em decorrência da ausência de informações sobre a precedência das tarefas, considerou-se as tarefas como sendo encadeadas linearmente, na sequência em que são executadas atualmente.

Como recomendação para pesquisas futuras sugere-se uma análise *lower bound* da solução obtida pelo modelo, possibilitando assim o conhecimento do *gap* existente para melhorias no sistema. Uma outra contribuição poderia ser o desenvolvimento de um modelo de programação que considere os reais custos de instalação das estações, e conseqüentemente da duplicação destas, de modo que a viabilidade econômica da solução gerada



pudesse ser melhor avaliada. Sugere-se ainda a aplicação de técnicas de simulação para a validação da solução encontrada antes de proceder a implementação desta solução no sistema real. Assim, poder-se-ia detectar eventuais inconsistências do modelo matemático e de seus parâmetros com a situação real observada no chão de fábrica.

■ REFERÊNCIAS

1. BECKER, C.; SCHOLL, A. A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, 168, p.694-715, 2006.
2. BOYSEN, N.; FLIEDNER, M.; SCHOLL, A. A classification of assembly line balancing problems. *European Journal of Operational Research*, 183, p.674-693, 2007.
3. BUKCHIN, J.; RUBINOVITZ, J. A weighted approach for assembly line design with station paralleling and equipment selection. *IIE Transactions*, 35, p.573-585, 2002.
4. FAALAND B.H.; KLASTORIN T.D.; SCHIMITT T.G.; SHTUB A. Assembly line balancing with resource dependent task times. *Decision Sciences* 23(2), p.343-64, 1992.
5. SMIDERLE, C.D.; VITO S.L.; FRIES, C.E. A busca da eficiência e a importância do balanceamento de linhas de produção. In: *Anais do XIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, Gramado, 1997.
6. UDDIN, M.K.; SOTO, M.C.; LASTRA, J.L.M. An integrated approach to mixedmodel assembly line balancing and sequencing. *Assembly Automation* 30(2), p.164-172, 2010.



Characterization of the Mandible *Atta Laevigata* and the Bioinspiration for the Development of a Biomimetic Surgical Clamp

| **Thays Obando Brito**

UFRJ

| **Amal Elzubair**

UFRJ

| **Leonardo Sales Araújo**

UFRJ

| **Sérgio Álvaro de Souza Camargo Júnior**

UFRJ

| **Jorge Luiz Pereira de Souza**

INPA

| **Luiz Henrique de Almeida**

UFRJ

Artigo original publicado em: 2017

Materials Research - ISSN 1525-1533.

Oferecimento de obra científica e/ou literária com autorização do(s) autor(es) conforme Art. 5, inc. I da Lei de Direitos Autorais - Lei 9610/98

RESUME

Approximately thousand years ago it was reported the use of mandibles of ants for suture. In this sense, bioinspired components, as absorbable surgical clamps, can be designed. This study is aimed to characterize the mandible of the ant *Atta laevigata* in order to help the selection of candidate biomaterials for application as surgical clamps. Three pairs of mandibles were used and ten nanoindentations were performed in each pair. The average hardness for the samples in the internal and external regions were 0.36 ± 0.06 GPa and 0.19 ± 0.04 GPa, respectively and the average elastic modulus for the internal and external regions were 6.16 ± 0.23 GPa and 2.74 ± 0.44 GPa, respectively. The morphology of the mandible was observed in detail by scanning electron microscopy, as well as Energy-dispersive X-ray spectroscopy. The average roughnesses on the internal and external regions, measured by atomic force microscopy, were 6.73 ± 0.90 nm and 11.87 ± 1.42 nm, respectively. From these results, it was possible to identify biomaterials that mimic the mandible behaviour for surgical clamp.

Keywords: Ant *Atta Laevigata*, Characterization, Surgical Clamp and Biomaterials.



■ INTRODUCTION

Since antiquity, a great number of materials have been tested and used for suture of injuries, such as vegetable fibers, tendons, intestines of many animals, horse mane, golden filaments, among others¹. There are registers of the use of sutures with linen and gold in Ancient Egypt, as well as the use of cat's intestine in Europe, during the Middle Age². Approximately thousand years ago, the use of mandible of ants for the approximation of the edges of an injury has been reported in the medical Indian text Charaka Sanhita³. Based on this knowledge, an absorbable surgical clamp (MU9102934-1) has been designed, emulating the mechanics of bite produced by the mandible of the ant *Atta laevigata*. This clamp proposed aims to simplify the suture for both placing and the removing from the skin, in a less traumatic and efficient condition for the patient. The suture clamp is composed by the handles and approximation systems⁴. The following step is based on the materials selection of candidates to be used in the surgical clamps, keeping in mind that such materials must be biocompatible. For the handles system, the material must present high elasticity, so to be able to join the edges of the wound for the scarring and, for the approximation system of the clamp the material must be mechanically resistant and bio-absorbable. In order to develop the surgical clamp similar to the mandible, it is necessary to select materials based on a detailed characterization of the properties of the ant mandible. Therefore, in this work, mechanical nanoindentation, scanning electron microscope (SEM), energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) and Atomic Force Microscopy (AFM) were used for the investigation of the mandible, in order to identify and correlate its properties with the possible biomaterials that can be applied in the bioinspired surgical clamp.

■ MATERIALS

Biological materials

Biological materials have been widely used in the past and can still applied or emulated today in Medicine. The properties of biological materials drive scientists and engineers to create new materials or to improve the existing ones. In this regard, it is very important to understand the properties of the biological materials as well as the understanding of the zoology and of the behavior of the living systems^{5,6}.

The structures and the characteristics of biological materials can be distinguished among them, and their mechanical properties can be correlated with the synthetic materials according to Table 1⁶⁻¹⁵.





The biological material of mandibles of insects can be usually correlated with polymers since; in general, they are composed by waxes, polysaccharides and proteins. Furthermore, as comparison, jaws of animals are twice more rigid than the exoskeleton due to the presence of metals, like zinc, manganese, iron and, in some cases, calcium. The element zinc is the main responsible for the increase of 20% of the hardness of the natural material^{16–21}. The use of mandibles of the ant *Atta laevigata* in the suture is efficient, because presents form and mechanics able to join the edges of the wound⁴, as well as it is made of a naturally resistant material. This use of mandible of the ant *Atta laevigata* acting as a suture component is illustrated in Figure 1.

Table 1. Elastic modulus and tensile strength of biological and synthetic materials¹⁵.

Synthetic materials/ Biological Materials	E (MPa)	σ (MPa)	Reference
1. Biopolymer			
Cellulose	150.000	18	7
Collagen (along fibers)	1000	50-100	8,7
Fibroin	10.000	70	7
Keratin (wool)	5000	200	9
Cuticle (insect)	0.001-20.000	60-200	10,11
2. Biominerals			
Hydroxyapatite (from enamel)	83.000	60	12-14
Zirconia	200.000	250	6
Silicon Carbide (SiC)	450.000	3500	6
3. Biocomposites			
Trabecular bone	800-14.000	1-100	15
Cortical bone	6000-20.000	30-150	15

The species *Atta laevigata* presents a large head, composed by muscular fibers annexed through the apodeme and interconnected with the mandible, allowing strong mandible movements^{22,23}. For the functioning of the suture clamp by the mechanism inspired by the ant's mandible, an external compressive stress must be applied to the levers to force its opening and, when open, the approximation system of the surgical clamp is able to penetrate the skin based on elastic forces. Another important characteristic of the approximation system of the proposed surgical clamp is to be able to fall by itself after the healing⁴. Figure 2 shows a scheme of the functioning of the surgical clamp in the suture analogue to the functioning of the natural system.

Biomaterials

The materials used for medical applications can be divided in four categories: metals, polymers, ceramics and composites²⁴. However, metals and polymers are the natural candidates of biomaterials for due to their mechanical, chemical and surface properties. Metals are already largely employed for substitution, reinforcement or stabilization of rigid tissues.





They present improved mechanical performance, high mechanical and fracture resistance, durability and possibility of surface polishing and abrasion²⁵⁻²⁸. The main groups of biomaterials are the stainless steels, the titanium alloys, commercially pure titanium and cobalt-chrome based alloys^{25,29}. Polymers are less demanding regarding the manufacture of varied forms and a relatively large availability of different classes with mechanical and physical

Figure 1. Suture with the mandible of the ant *Atta laevigata*.

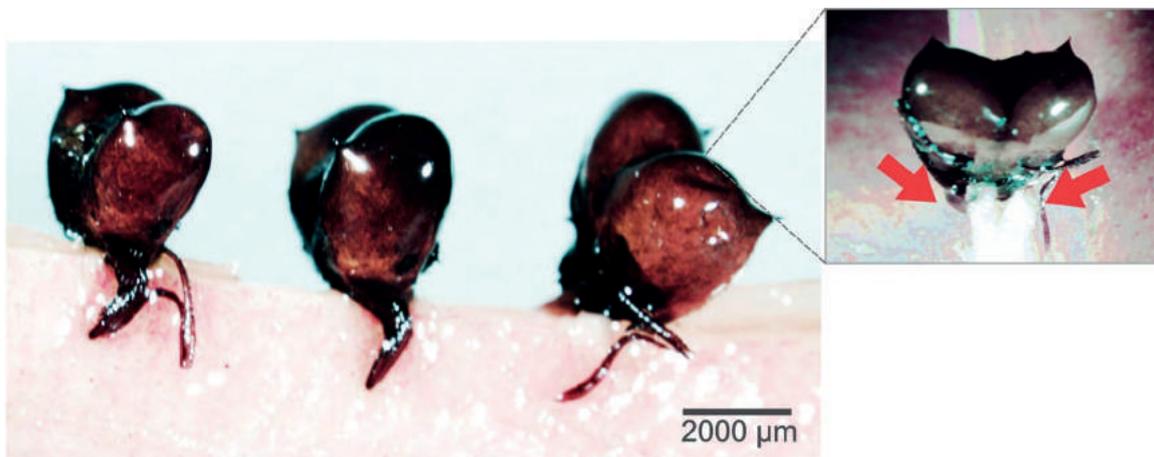
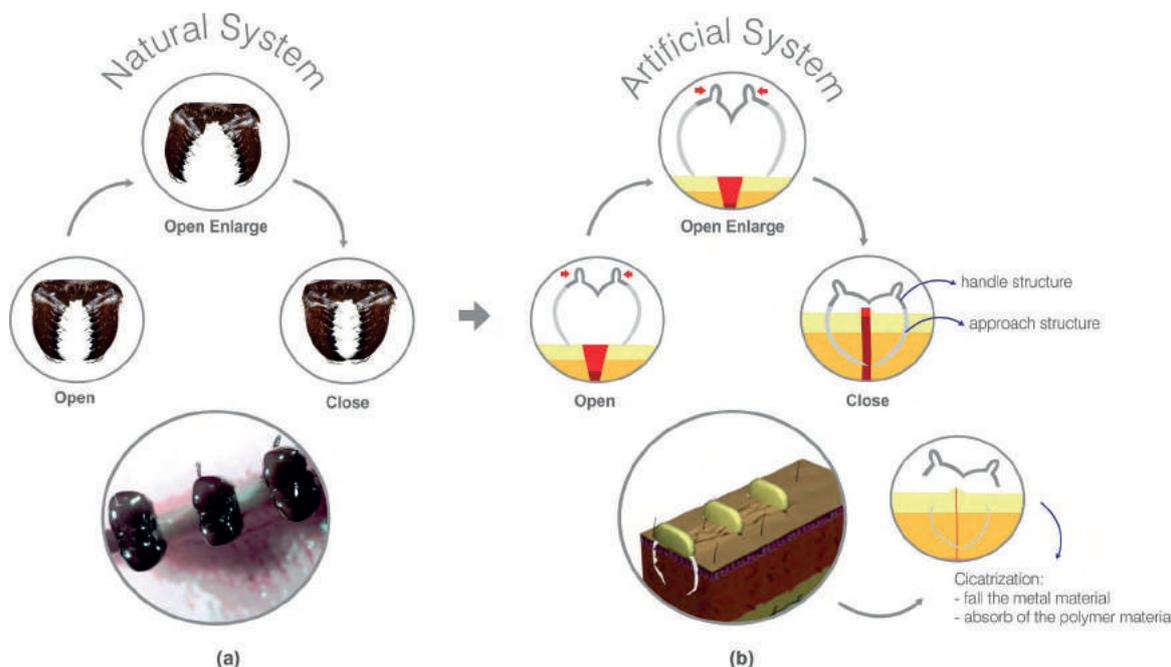


Figure 2. Mechanism of bite of the ant's mandible *Atta laevigata* in the suture (a) and functioning of the biomimetic surgical clamp in the suture (b).



properties for specific applications³⁰. The main types of synthetic polymers are polylactic acid (PLA), polyglycolic acid (PGA) and the copolymer polylactic-co-glycolic acid (PLGA)³¹. These polymers have been used in biodegradable sutures, absorbable devices for bone fixation and sources for controllable drug release³². As more frequently used natural polymers are proteins (collagen, elastin and silk fibroin) and polysaccharides (chitosan, alginate, hyaluronic





acid and pectin)^{33,34}. The main applications of these biopolymers are in wound treatments and controllable drug release^{35,36}. It is worth mentioning that the combination between two or more synthetic or natural polymers in the form of complexes or blends, makes it possible to obtain devices with improved chemical, mechanical and biological properties when compared to the isolated polymers^{33,37,38}. In general, about the mechanical properties of the different types of biomaterials, it can be noted that the modulus of elasticity of the polymers is generally around 5 GPa, while for fibers it can reach 15 GPa, for ceramic and metallic materials, the values are approximately 9.0 to 980 GPa³⁹.

■ MATERIALS AND METHODS

In this research, three samples of the mandible *Atta laevigata* were used, with approximately 0.5 mm in length. Each pair of mandible was sectioned from the ant's head, dried and embedded in epoxy resin, and polished with alcohol and alumina. Instrumented nanoindentation⁴⁰⁻⁴² was performed on the surfaces of the samples using an Agilent G200 nanoindenter, with maximum load of 20 mN. Ten indentations were carried out on each of the samples. Scanning Electron Microscopy (SEM - JOEL, JSM - 6460 LV) was used to verify the morphology of the sample. The mandibles were covered with a gold thin film. Through Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS), the metallic elements of the material were identified. For the examination of the morphological and topographic characteristics on the surface of the mandible, the atomic force microscope (AFM, 1M Plus, JPK Instruments) with non-contact tip, (type NCST-50 and dimensions 27 x 150 x 2.8 μm) were used. The arithmetic roughness (R_a)⁴³⁻⁴⁵ of the sample was determined using the AFM software through a line profile, averaging three profiles for each image of the internal and external regions of the mandible.

■ RESULTS AND DISCUSSION

The regions in which the indentations were performed on the samples can be identified on the images obtained via optical microscopy coupled to the G200 nanoindenter, as show in Figure 3.

Ten indentations were performed on the inner surface regions, near the denticles, and on the surface of external regions of each sample, in order to verify possible differences in mechanical properties. The results of the nanoindentation on the samples are shown in Figure 4, as load displacement versus displacement into the surface plots. The displacement into surface varies a little in some samples due to irregularities in the surface.



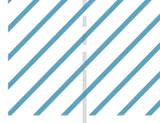


Figure 3. Nanoindentation on the regions of samples: (a) external region, (b, c) internal region of the mandible of the ant *Atta laevigata*, 10x magnification.

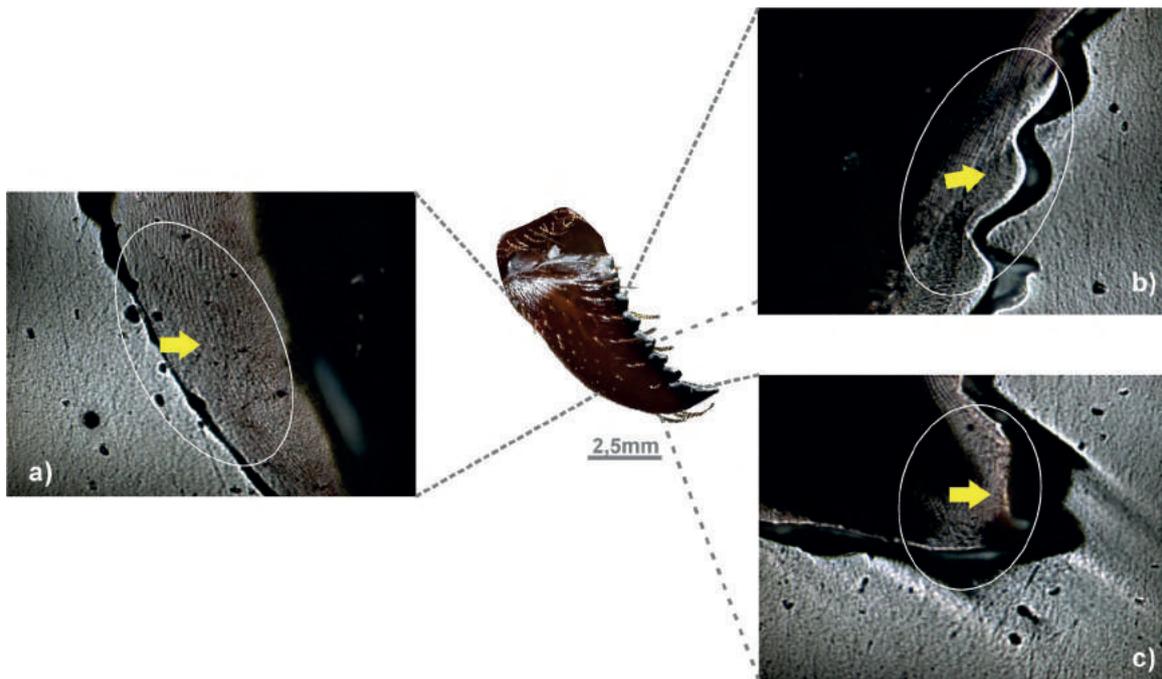


Figure 4. Load versus displacement into the surface plots on the inner and external surfaces of mandible 1 (a), mandible 2 (b) and mandible 3 (c).

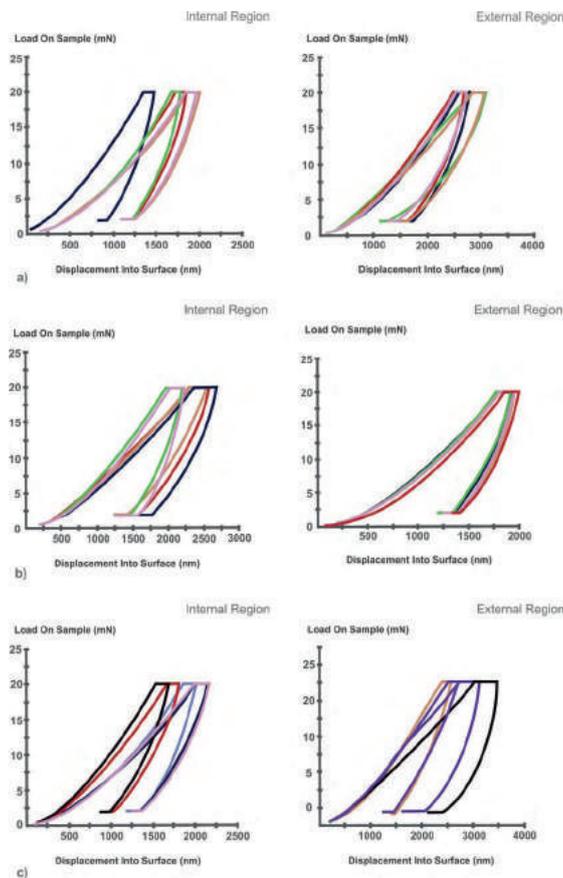


Table 2 shows the comparison of nanoindentation results in the inner and external regions of mandibles 1, 2 and 3.





According to Table 2, the hardness and elastic modulus for all samples are higher in the internal region, since this region undergoes higher wear due to the strong movements that the mandible performs to cut different types of materials, indicating greater resistance compared to the external region. The average hardness of the samples in the internal and external regions was 0.36 ± 0.06 GPa and 0.19 ± 0.04 GPa, respectively. The average elastic modulus in the internal region was 6.16 ± 0.23 GPa and external of that was 2.74 ± 0.44 GPa. From these values, it is noteworthy that the material of the ant's mandible presents similarities with some groups of the polymeric materials. Among the absorbable biopolymers for application in the surgical clamp approach system, possible candidates are poly (lactic acid) (PLA), poly (glycolic acid) (PGA) and poly (ϵ -caprolactone) (PCL), with respective elastic modulus of 0.3 to 3.5 GPa, 6 to 7 GPa and 0.21 to 0.44 Gpa⁴⁶, respectively. PLA and PCL are important candidates because they have been increasingly used in the medical field as they present advantages such as mechanical resistance, ability to combine with other polymer to improve physical-chemical, mechanical and biological properties, as well as non-toxicity, biocompatibility and biodegradability^{28,47}. It is also worth to mention that the natural biopolymer fibroin has been used as surgical suture because of its high mechanical resistance and biocompatibility, as well as high resistance to microorganisms^{48,49}. Another option of natural biopolymer is chitosan, as it is able to accelerate the healing

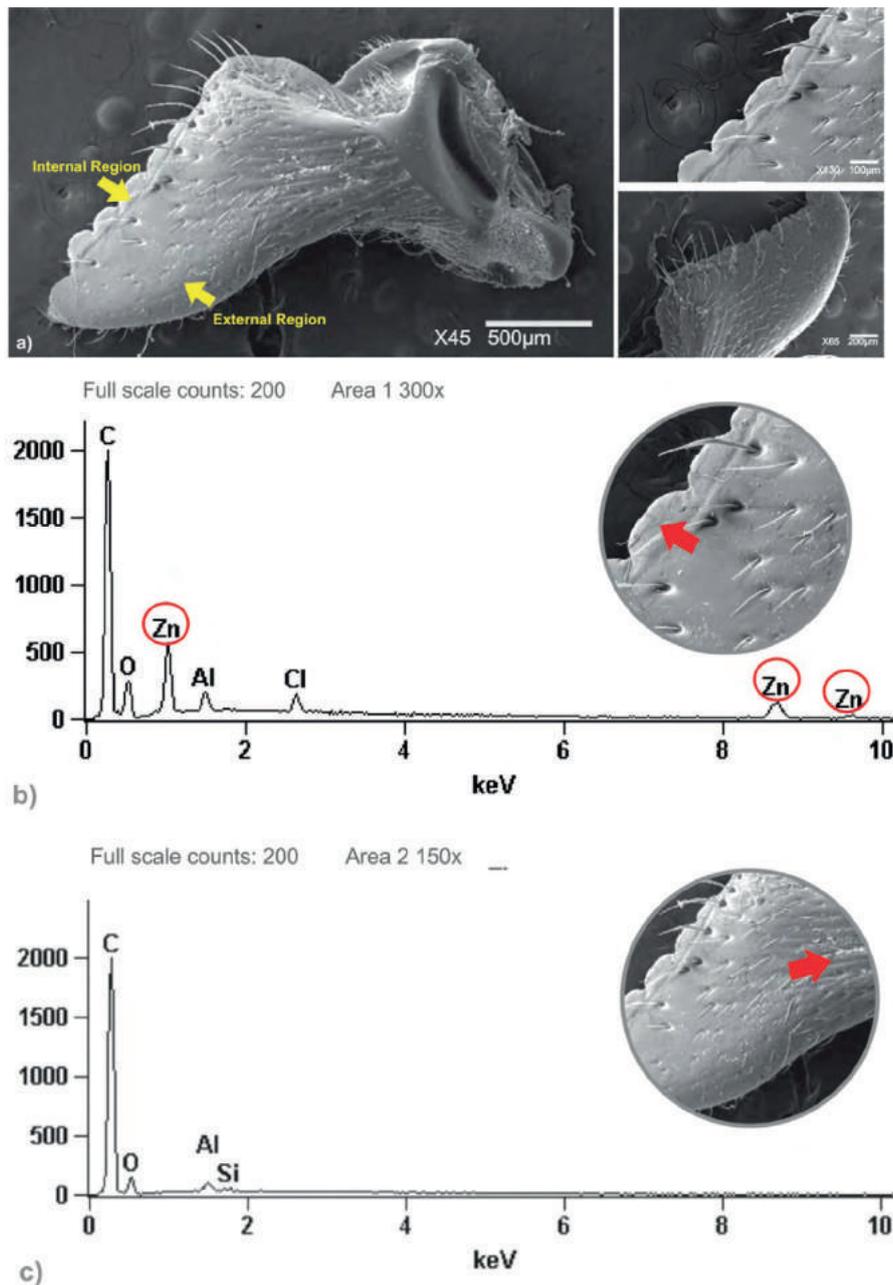
Table 2. Mechanical properties of the samples obtained by nanoindentation.

	MAND 1		MAND 2		MAND 3	
	Hardness(GPa)	Young's Modulus(-GPa)	Hardness(GPa)	Young's Modulus(-GPa)	Hardness(GPa)	Young's Modulus(GPa)
Internal Region	0.45 ± 0.13	6.00 ± 1.39	0.32 ± 0.01	6.41 ± 1.17	0.31 ± 0.09	5.09 ± 0.93
External egion	0.17 ± 0.02	2.28 ± 0.47	0.22 ± 0.03	3.54 ± 1.17	0.18 ± 0.09	2.40 ± 0.37





Figure 5. (a) SEM of the mandible *Atta laevigata* identifying morphological details of the internal and external regions; (b) representative analysis via EDS on the surface of the mandible, identifying metallic elements such as zinc in the internal region, (c) absence of Zn in the external area.



of lesions and the synthesis of collagen by the fibroblasts in the initial phase of healing. The combination of two more synthetic or natural polymers forming blends or polymer complexes would be an alternative to the clamp approach system, as it would increase the mechanical strength of the material, facilitating penetration of the surgical clamp approach system into the skin. This happens with the chitosan biopolymer which is combined with other polymeric materials to increase its mechanical strength^{50,51}. Another example is the combination of the natural biopolymer, like collagen with the synthetic biopolymer PCL, the objective is also to increase the mechanical properties, as this synthetic polymer exhibits

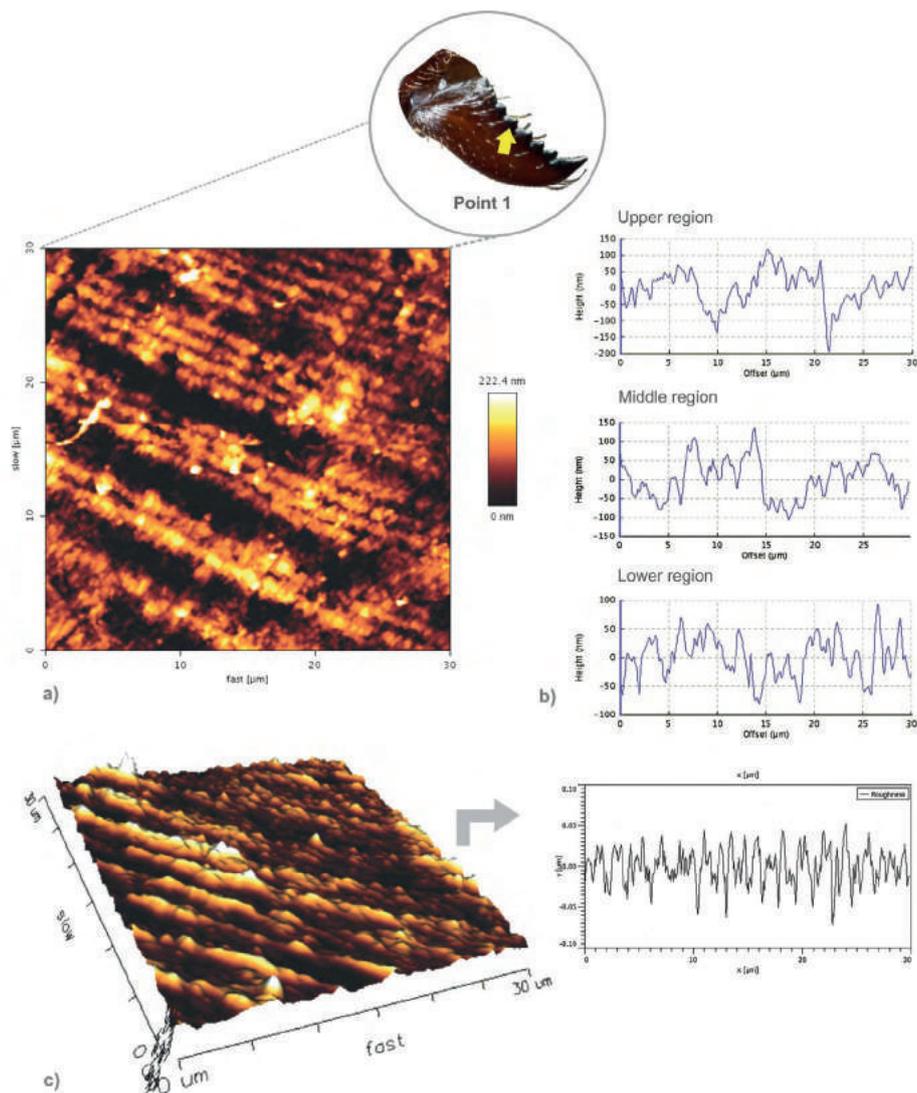




high mechanical resistance⁵². Figure 5 (a) shows the morphology of the mandible of the ant *Atta laevigata* obtained by SEM, illustrating the basic external morphology of an ant mandible: the external margin; parts of the internal margin including the masticatory margin; basal margin; basal angle; and teeth which has smooth surface. Note the groove extending on the upper right side; similar grooves and pits occur on the mandibles of many ants. Note also the row of setae (hair like structure) along the masticatory border, another common feature of ant mandibles^{16–21}.

In addition, EDS analysis in Figure 5 (b) confirmed the presence of metals such as zinc, manganese, aluminum and halogen (chlorine) in ant's mandible samples, principally in the internal region. The analysis of the mandible by EDS indicates the presence of zinc with mass fraction of circa 6.11%. In another region of the mandible, in addition to zinc, 0.46% of manganese was also identified^{16–21}. However, figure 5 (c) shows the absence of zinc in the external region,

Figure 6. Topography of the internal region on the surface of the mandible of the ant *Atta laevigata* at different points, 30 μ m x 30 μ m: surface morphology (a), topographic profile in upper, middle and lower regions (b) and 3D topography (c).





so these metallic elements may influence the mechanical properties of the mandible such that the higher values of hardness and elastic modulus in the internal region than in the external one can be correlated with the occurrence of zinc and its co-located halogen chlorine., Schofield *et al*¹⁹ found that Zn is incorporated into the mandibular teeth of leaf-cutter ants during early adult life, they show that the hardness of the mandibular teeth increases nearly three-fold as the adults age and that hardness correlates with Zn content.

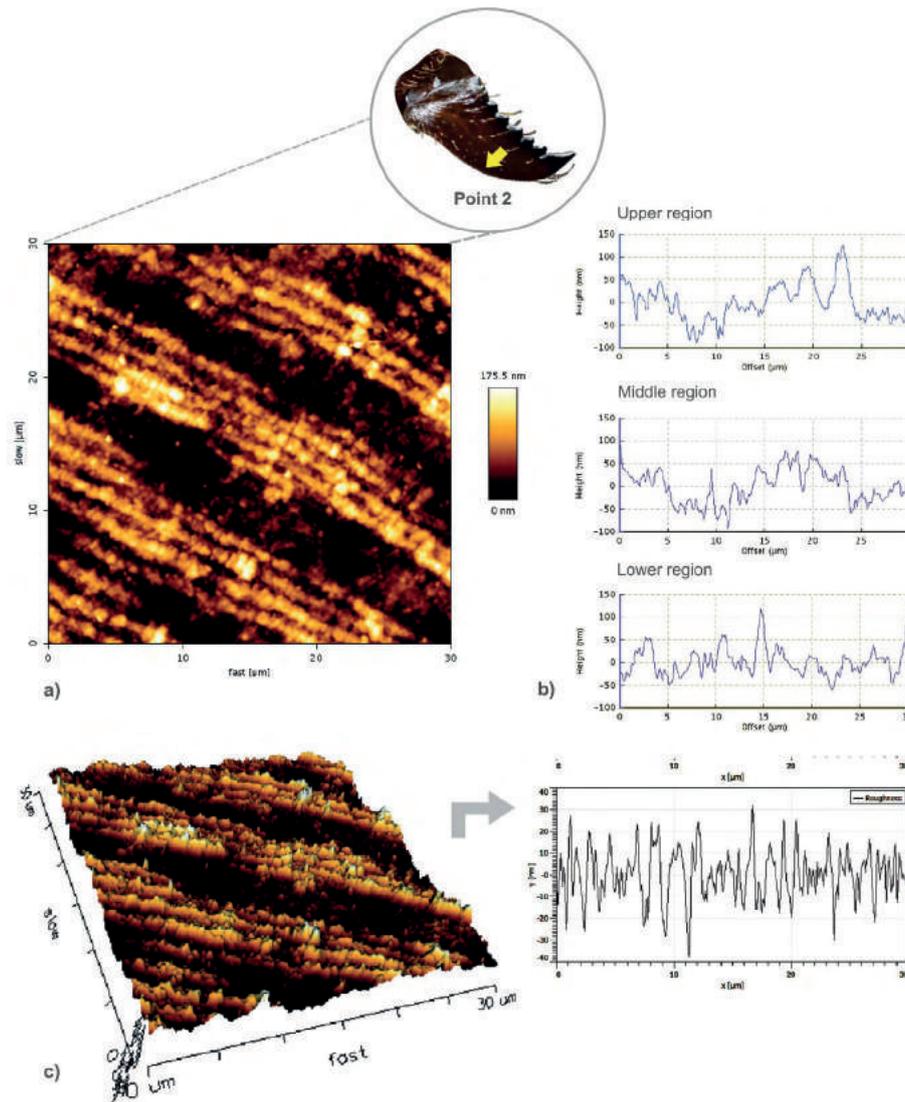
The AFM micrographs on the surface of *Atta laevigata*'s mandible are shown in Figures 6 and 7.

The AFM images present topographic similarities in both, the external and internal regions, with a certain vertical inclination of the geometry towards the same direction. The results of roughness parameter Ra obtained of the internal and external regions of the natural material were 6.73 ± 0.90 nm and 11.87 ± 1.42 nm, respectively. These results indicate that in the mandible, the external region presents a higher roughness than the internal region. The morphology (Figura 5 (a)) of both regions can explain the topography or surface roughness. The internal region of the mandible near the denticles is much smoother than the external one which shows irregularities and presence of grooves, pits and rows of setae. Even considering all the activities performed by the mandible, the internal region demonstrated lower roughness (less wear) this may be due to the presence of zinc which enhances its mechanical strength compared to the external region. In biomaterials, surface modification, such as roughness, has been proposed to increase the surface area, adhesion of the interface between the biomaterial and





Figure 7. Topography of the external region on the surface of the mandible *Atta laevigata*, 30 μ m x 30 μ m: surface morphology (a), topographic profile in upper, middle and lower regions (b) and 3D topography (c).



the host⁵³. Thus, the investigation of R_a in the mandible will be useful as a parameter for the treatment of surfaces of the biomaterials selected for the surgical clamp, in order to verify the mechanical strength of the biomaterial with roughness similar to the mandible and still the adhesion of drugs to this surface.

■ CONCLUSION

The nanoindentation measurements showed higher hardness and elastic modulus in the internal region of the mandible of the ant *Atta laevigata*, than the external regions correlated with the presence and absence of zinc, respectively. In addition, metallic elements were found in the internal region of the mandible, such as zinc and manganese justifying the increase of hardness in this region. Morphology and topography details in the internal region, shows smooth denticles, and rougher external region of the mandible. The roughness may





serve as a parameter for the surface treatment of the selected polymeric biomaterial to the bioabsorbable surgical clamp. From these results, it was possible to identify biomaterials with potential for application in the surgical clamp approach system, such as PLA, PCL or PGA, individually or in combination with natural polymers, such as chitin, collagen or fibroin, to form blends or polymer complexes. For the clamp handle system, a possible alternative is the use of metallic biomaterials such as stainless steels and titanium alloys.

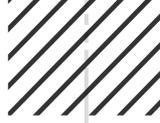
■ ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to acknowledge the Foundation for Research Support of the State of Amazonas (FAPEAM), National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) for the financial support, and the Laboratory of Characterization of Surfaces of the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ).

■ REFERÊNCIAS

1. Makenzie D. The History of Suture. *Medical History*. 1973;17(2):158-168.
2. Pires ALR, Bierhalz ACK, Moraes AM. Biomaterials: Types, applications and market. *Química Nova*. 2015;38(7):957-971.
3. Hering F, Gabor S, Rosenberg D. *Bases Técnicas e Teóricas de Fios e Suturas*. São Paulo: Roca; 1993.
4. Brito TO, Pinheiro CCS, inventors; INPI. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPI), assignee. *Grampo bioabsorvível*. Patent BR MU9102934-1. 2012.
5. Chen Q, Pugno NM. Bio-mimetic mechanisms of natural hierarchical materials: A review. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2013; (19):3-33.
6. Chen PY, McKittrick J, Meyers MC. Biological materials: Functional adaptations and bioinspired designs. *Progress in Materials Science*. 2012;57(8):1492-1704.
7. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2008.
8. Fung YC. *Biomechanics: Mechanical Properties of Living Tissues*. 2nd ed. New York: Springer; 2004.
9. Omenetto FG, Kaplan DL. New Opportunities for an Ancient Material. *Science*. 2010;329(5991):528-531.
10. Nishino T, Matsui R, Nakame K. Elastic modulus of the crystalline regions of chitin and chitosan. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*. 1999;37(11):1191-1196.
11. Vincent JFV, Wegst UGK. Design and mechanical properties of insect cuticle. *Arthropod Structure & Development*. 2004;33(3):187-199.





12. Osorio AG, Dos Santos LA, Bergmann CP. Evaluation of the mechanical properties and microstructure of hydroxyapatite reinforced with carbon nanotubes. *Reviews on Advanced Materials Science*. 2011;27:58-63.
13. Marshall GW Jr., Balooch M, Gallagher RR, Gansky SA, Marshall SJ. Mechanical properties of the dentinoenamel junction: AFM studies of nanohardness, elastic modulus, and fracture. *Journal of Biomedical Materials Research*. 2001;54(1):87-95.
14. Habelitz S, Marshall GW Jr., Balooch M, Marshall SJ. Nanoindentation and storage of teeth. *Journal of Biomechanics*. 2002;35(7):995-998.
15. Currey JD. *Bones: Structure and Mechanics*. Princeton: Princeton University Press; 2002.
16. Hillerton JE, Reynolds SE, Vincent JFV. On the Indentation Hardness of Insect Cuticle. *Journal of Experimental Biology*. 1982;96:45-52.
17. Hillerton JE, Vincent JFV. The Specific Location of Zinc in Insect Mandibles. *Journal of Experimental Biology*. 1982;101:333-336.
18. Quicke DLJ, Wyeth P, Fawke JD, Basibuyuk HH, Vincent JFV. Manganese and zinc in the ovipositors and mandibles of hymenopterous insects. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 1998;124(4):387-396.
19. Schofield RMS, Nesson MH, Richardson KA. Tooth hardness increases with zinc-content in mandibles of young adult leafcutter ants. *Die Naturwissenschaften*. 2002;89(12):579-583.
20. Cribb BW, Stewart A, Huang H, Truss R, Noller B, Rasch R, et al. Insect mandibles - comparative mechanical properties and links with metal incorporation. *Die Naturwissenschaften*. 2008;95(1):17-23.
21. Cribb BW, Lin CL, Rintoul L, Rasch R, Hasenpusch J, Huang H. Hardness in arthropod exoskeletons in the absence of transition metals. *Acta Biomaterialia*. 2010;6(8):3152-3156.
22. Della Lucia TMC. *As Formigas Cortadeiras*. Viçosa: Sociedade de Investigadores Florestais; 1993.
23. Paul J, Gronenberg W. Optimizing force and velocity: mandible muscle fibre attachments in ants. *Journal of Experimental Biology*. 1999;202(Pt 7):797-808.
24. Williams DF, ed. *Definitions in Biomaterials (Progress in Biomedical Engineering)*. 4th ed. Amsterdam: Elsevier; 1987.
25. Sumita M, Hanawa T, Teoh SH. Development of nitrogen-containing nickel-free austenitic stainless steels for metallic biomaterials-review. *Materials Science and Engineering: C*. 2004;24(6-8):753-760.
26. Poinern GEJ, Brundavanam S, Fawcett D. Biomedical Magnesium Alloys: A Review of Material Properties, Surface Modifications and Potential as a Biodegradable Orthopaedic Implant. *American Journal of Biomedical Engineering*. 2012;2(6):218-240.
27. Hanawa TJ. Materials for metallic stents. *Journal of Artificial Organs*. 2009;12(2):73-79.
28. Davis JR. Overview of Materials and Their Use in Medical Device. In: Davis JR, ed. *Handbook of Materials for Medical Devices*. Materials Park: ASM International; 2003.





29. Holzapfel BM, Reichert JC, Schantz JT, Gbureck U, Rackwitz L, Nöth U, et al. How smart do biomaterials need to be? A translational science and clinical point of view. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 2013;65(4):581-603.
30. Wong JY, Bronzino JD, eds. *Biomaterials*. New York: CRP Press; 2007.
31. Gunatillake PA, Adhikari R. Biodegradable synthetic polymers for tissue engineering. *European Cells & Materials Journal*. 2003;5:1-16.
32. Tian H, Tang Z, Zhuang X, Chen X, Jing X. Biodegradable synthetic polymers: Preparation, functionalization and biomedical application. *Progress in Polymer Science*. 2012;37(2):237-280.
33. Sionkowska A. Current research on the blends of natural and synthetic polymers as new bio-materials: Review. *Progress in Polymer Science*. 2011;36(9):1254-1276.
34. Sell AS, Wolfe PS, Garg K, McCool JM, Rodriguez IA, Bowlin GL. The Use of Natural Polymers in Tissue Engineering: A Focus on Electrospun Extracellular Matrix Analogues. *Polymers*. 2010;2(4):522-553.
35. Mogosanu GD, Grumezescu AM. Natural and synthetic polymers for wounds and burns dressing. *International Journal of Pharmaceutics*. 2014;463(2):127-136.
36. Bellini MZ, Pires ALR, Vasconcelos MO, Moraes AM. Comparison of the properties of compacted and porous lamellar chitosan-xanthan membranes as dressings and scaffolds for the treatment of skin lesions. *Journal of Applied Polymer Science*. 2012;125(Suppl. 2):E421-E431.
37. Heath DE, Cooper SL. Polymers: Basic Principles. In: Ratner BD, Hoffman AS, Schoen F J, Lemons JE, eds. *Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine*. Oxford: Academic Press; 2013. p. 64-79.
38. Tonhi E, Plepis AMG. Obtenção e Caracterização de Blendas Colágeno-Quitossana. *Química Nova*. 2002;25(6):943-948.
39. Mano EB. *Polímeros como Materiais de Engenharia*. São Paulo: Edgard Blücher; 1991.
40. Oliver WC, Pharr GM. Measurement of hardness and elastic modulus by instrumented indentation: Advances in understanding and refinements to methodology. *Journal of Materials Research*. 2004;19(1):3-20.
41. Whitenack LB, Simkins DC Jr, Motta PJ, Hirai M, Kumar A. Young's modulus and hardness of shark tooth biomaterials. *Archives of Oral Biology*. 2010;55(3):203-209.
42. Fisher-Cripps AC. *Nanoindentation*. 2nd ed. New York: Springer; 2004.
43. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR ISO 4287 - Especificações geométricas do produto (GPS) - Rugosidade: método do perfil - Termos, definições e parâmetros de rugosidade*. Rio de Janeiro: ABNT; 2002.
44. Meyers MA, Lim CT, Li A, Hairul Nizam BR, Tan EPS, Seki Y, et al. The role of organic intertile layer in abalone nacre. *Materials Science and Engineering: C*. 2009;29(8):2398-2410.
45. Leea GJ, Park KH, Park YG, Park HK. A quantitative AFM analysis of nano-scale surface roughness in various orthodontic brackets. *Micron*. 2010;41(7):775-782.





46. Van de Velde K, Kieken P. Biopolymers: overview of several properties and consequences on their applications. *Polymer Testing*. 2002;21(4):433-442.
47. Woodruff MA, Hutmacher DW. The return of a forgotten polymer-Polycaprolactone in the 21st century *Progress in Polymer Science*. 2010;35(10):1217-1256.
48. Nogueira GM, Rodas ACD, Leite CAP, Giles C, Higa OZ, Polakiewicz B, et al. Preparation and characterization of ethanol-treated silk fibroin dense membranes for biomaterials application using waste silk fibers as raw material. *Bioresource Technology*. 2010;101(21):8446-8451.
49. Kundu S, ed. *Silk Biomaterials for Tissue Engineering and Regenerative Medicine*. 1st ed. Cambridge: Woodhead Publishing; 2014.
50. Ávila A, Bierbrauer K, Pucci G, López-González M, Strumia M. Study of optimization of the synthesis and properties of biocomposite films based on grafted chitosan. *Journal of Food Engineering*. 2012;109(4):752-761.
51. Dallan PRM, Moreira PL, Petinari L, Malmonge SM, Beppu MM, Genari SC, et al. Effects of chitosan solution concentration and incorporation of chitin and glycerol on dense chitosan membrane properties. *Journal of Biomedical Materials Research Part B Applied Biomaterials*. 2007;80B(2):394-405.
52. Niu G, Criswell T, Sapoznik E, Lee SJ, Soker S. The influence of cross-linking methods on the mechanical and biocompatible properties of vascular scaffold. *Journal of Science and Applications: Biomedicine*. 2013;1(1):1-7.
53. Klokkevold PR, Nishimura RD, Adachi M, Caputo A. Osseointegration enhanced by chemical etching of the titanium surface. A torque removal study in the rabbit. *Clinical Oral Implants Research*. 1997;8(6):442-447.



Condições de segurança no trabalho em uma obra de residência unifamiliar

| **Victoria Juliana Almeida Ferreira**
UFERSA

| **Fabrcia Nascimento de Oliveira**
UFERSA

RESUMO

Introdução: o ramo da construção civil é um dos setores que mais tem gerado empregos no Brasil, no entanto, este tem registrado grandes quantidades de mortes causadas por doenças ocupacionais ou acidentes de trabalho, o que ocorre principalmente em função de condições inadequadas de segurança do trabalho. **Objetivo:** o presente artigo teve como objetivo analisar as condições de segurança dos trabalhadores em uma obra de residência unifamiliar durante as fases de escavação e fundação, verificando o cumprimento das exigências da Norma Regulamentadora nº 18 (NR-18). **Método:** Os dados foram coletados por meio de registros fotográficos, medições, aplicação de roteiro de entrevista direcionado ao gestor da empresa, roteiro de observação e *checklist*. O roteiro de entrevista contou com 9 perguntas e o *checklist* com 29 itens. **Resultados:** verificou-se um total de 13 itens não aplicáveis e 16 itens aplicáveis a obra, sendo que dos itens aplicáveis, 7 se apresentavam de forma inadequado, 5 como parcialmente adequados e 4 itens completamente adequados. **Conclusão:** a obra analisada apresentou 25% de conformidade no que tange a NR-18, demonstrando que a empresa precisa melhorar as condições de segurança e saúde dos trabalhadores, adotando medidas de proteção para cumprir as diretrizes da norma.

Palavras-chave: Indústria da Construção, Proteção do Trabalhador, Escavação, Fundação.

■ INTRODUÇÃO

No setor da construção civil existem diversas áreas e tipos de atividades desenvolvidas, incluindo as fases de escavação e fundação. A escavação é definida como uma atividade processual empregada para romper a capacidade do solo ou rocha, por meio do uso de ferramentas e processos adequados, tornando possível a remoção de terra entorno de objetos rochosos soterrados (REDAELLI; CERELLO, 1998). Esta é uma fase da obra, em conjunto com a fase de fundação, onde a ocorrência de acidentes se dá principalmente pelo desprendimento de terra da escavação; soterramento de pessoas; queda de altura de pessoas; contatos elétricos diretos ou indiretos nos operários; desmoronamento das paredes da escavação por falta de escoramento adequado ou inexistente; entre outras (SAMPAIO, 1998 apud LEME; DANTAS; ZARPELON, 2008; HENNERBERG, 2013).

A principal fonte de embasamento desse estudo é a NR-18, a qual inicialmente se tratava de uma norma voltada para obras de construção, demolição e reparos, contudo, ao longo dos anos essa norma passou por algumas modificações até chegar no que se refere a atual NR-18, em que sua última alteração ocorreu em 10 de fevereiro de 2020. Ela tem como finalidade, a garantia da segurança no trabalho na indústria da construção civil e seu principal objetivo é estabelecer diretrizes que visam a adoção de medidas de proteção no canteiro de obras para resguardados a vida e saúde dos colaboradores na indústria da construção (BRASIL, 2020).

No âmbito da NR-18, tem-se o item 18.7.2 que se refere a segurança do trabalho nas etapas de escavação, fundação e desmonte de rochas. Nesse tópico são descritos todos os cuidados envolvendo essas etapas, como: a exigência de realização e supervisão de serviços de acordo com o projeto elaborado pelo profissional legalmente habilitado; a existência de sinalização na obra; adoção de medidas preventivas de modo a eliminar o risco de acidentes durante a execução das atividades, entre outros (BRASIL, 2020).

Além da NR-18, é importante conhecer outras normas complementares, manuais e recomendações técnicas de procedimentos sobre escavações e fundações como a NBR 6122 – Projeto e execução de fundações (ABNT, 2019), a NBR 9061 – Segurança de escavação a céu aberto – procedimento (ABNT, 1985), a NBR 11682 – Estabilidade de encostas (ABNT, 2009), a RTP 03 – Escavações, fundações e desmonte de rochas (FUNDACENTRO, 2002), o Manual de execução de fundações e geotecnia da ABEF (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES E GEOTECNIA, 2012) e o Manual de segurança e saúde no trabalho para escavação na indústria da construção (SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA, 2019).

Pesquisas referentes a temática já foram realizadas, como por exemplo o trabalho de Alves (2017), conduzido na cidade de Ivoti/RS, em que foi observado os riscos graves



e iminentes para atividades de escavação em obras de saneamento básico; o estudo de Souza (2013), onde foi feito um diagnóstico quanto à segurança do trabalho na execução de fundações em três obras na cidade de Florianópolis/SC; a pesquisa de Hennerberg (2013), que avaliou a existência de riscos de acidentes em canteiros de obras pela ausência de condições de segurança adequadas para os trabalhadores na execução de fundações; além de outros estudos.

Apesar de existirem estudos envolvendo a temática, contudo existem lacunas que precisam ser preenchidas. Dessa forma, o presente artigo teve como objetivo analisar as condições de segurança dos trabalhadores em uma obra de residência unifamiliar durante as fases de escavação e fundação, verificando o cumprimento das exigências da NR-18, além de discorrer a conformidade ou não quanto ao que é pré-estabelecido na norma em sua versão mais atual.

■ MÉTODO

Para a realização desse estudo realizou-se as seguintes etapas: 1 - busca na literatura sobre artigos, livros, normas que versavam sobre o tema; 2 - escolha da empresa; 3 - elaboração e assinatura do TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido); 4 - elaboração e aplicação de *checklist*, roteiro direcionado ao gestor e roteiro de observação; 5 - realização de registros fotográficos durante as visitas ocorridas em média duas vezes por semana; e 6 - tabulação dos dados.

Inicialmente buscou-se na literatura materiais relacionados a saúde e segurança do trabalho nas fases de escavação e fundação, bem como de normas regulamentadoras, normas técnicas, recomendações técnicas de procedimentos e manuais de execução, referentes ao tema da pesquisa.

Em seguida, para atender os objetivos dessa pesquisa, os pesquisadores buscaram empresas atuantes no setor da construção civil na cidade de Mossoró/RN e que possuíssem obras exclusivamente na fase de escavação e fundação. Essa busca foi feita de modo aleatório e através de pesquisas na *internet*, por meio da plataforma *Google*, juntamente com o auxílio das redes sociais. Após a busca, foi feita a seleção da empresa e então realizada uma primeira visita ao canteiro de obras com o intuito de discutir com o engenheiro e responsável legal pela execução da obra, acerca da possibilidade de executar a pesquisa na obra.

Logo após a confirmação do interesse da empresa acerca da participação nesse estudo, foi impresso em três vias e assinado pelo responsável legal, a aluna pesquisadora e a orientadora da pesquisa, o TCLE, previamente elaborado, que contava com a garantia de sigilo quanto a informações que poderiam tornar pública a identificação da empresa, dos funcionários e do proprietário da obra, prezando sempre pela ética da pesquisa.





Para a realização da coleta de dados foram utilizados um *checklist*, um roteiro direcionado ao gestor, um roteiro de observação, trena e câmera fotográfica digital. A câmera tinha como finalidade registrar toda a execução das etapas estudadas, equipamentos e sinalizações de segurança das escavações e fundações na obra; a trena foi utilizada para as medições de distanciamento que são normatizadas pela NR-18; o roteiro de observações, contava com itens não normativos e era destinado ao registro de informações quanto a utilização dos instrumentos e da configuração do aterro; o roteiro destinado ao gestor contava com 9 perguntas referentes a questionamentos relacionados desde as características do terreno até a sequência de execução dos serviços; quanto ao *checklist*, tem-se que este servia para identificar quais pontos, de acordo com o item 18.7.2 da NR-18, estavam conforme o que é estabelecido na norma.

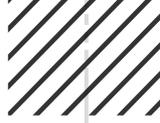
Alguns dos pontos presentes no item 18.7.2 da norma regulamentadora na sua versão mais atual que correu em 10 de fevereiro de 2020 a serem verificados na obra foram: orientação de muros, escoramento de edificações vizinhas e todas as estruturas que possam ser afetadas pela escavação; garantia da estabilidade dos taludes instáveis das escavações com profundidade superior a 1,25 m por meio de estruturas dimensionadas para este fim; a disposição de escadas ou rampas colocadas próximas aos postos de trabalho de execução das escavações com mais de 1,25 m de profundidade, a fim de permitir, em caso de emergência, a saída rápida dos trabalhadores; bem como a existência da garantia de estabilidade dos taludes com altura superior a 1,75 m.

O *checklist* dispunha inicialmente de um total de 43 itens, divididos em planejamento, execução e fase final da obra. Após a realização das visitas, o *checklist* passou a contar com 29 itens, sendo 3 compreendendo a fase de planejamento, 24 referentes a fase de execução e 2 relacionados a fase final. Os demais itens foram excluídos, pelo fato de que na obra em questão não eram realizados os serviços de desmonte de rochas.

Na fase de planejamento e execução, os itens do *checklist* foram classificados em adequado (1), parcialmente adequado (2), inadequado (3) e não se aplica (4). Além disso, foi destinado um item para observações caso a execução das atividades não estivesse conforme as especificações da norma. Já na fase final os itens eram descritos de forma subjetiva.

Todos os dados coletados foram tabulados para serem discutidos e com base nos achados foram propostas melhorias para a obra no intuito de melhorar as condições de segurança e saúde dos trabalhadores.





■ RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da obra

O presente estudo foi aplicado em uma obra referente a construção de uma residência unifamiliar, localizada em um condomínio particular, na cidade de Mossoró/RN. A execução da obra era realizada por trabalhadores contratados pelo proprietário do lote, exercendo assim o serviço de maneira terceirizada, já a supervisão era realizada por um engenheiro com escritório próprio, o qual foi contratado também pelo proprietário.

Durante a fase de escavação e fundação, a execução da obra contava com um total de quatro operários, sendo 2 pedreiros e 2 ajudantes, os quais trabalhavam de forma totalmente conjunta, ou seja, todos executavam a mesma atividade até finalizá-la e a seguinte pudesse ser iniciada.

Análise do roteiro direcionado ao gestor

O roteiro direcionado ao gestor serviu de principal fonte de informações referentes as características do terreno e a execução dos serviços. O engenheiro responsável informou que o tipo de fundação utilizada foi sapata isolada em conjunto com a viga de fundação (sapata e fundação com profundidade de 0,80 m), que seria realizado o aterramento do terreno com a utilização do material que foi retirado durante a fase de escavação e que existia um projeto de fundação, mas que em contrapartida não existia um diário de obras e não havia sido realizada a sondagem do terreno, visto que de acordo com ele, como a obra se encontrava em um condomínio, já havia um padrão quanto as características do terreno e assim não se fazia necessário. Observou-se que na obra estudada, a maior profundidade escavada foi de 2 metros, referentes a fossa séptica e o sumidouro, assim configuradas como fundações rasas.

Para a execução da escavação na obra estudada, primeiramente foi realizada a limpeza do terreno, seguida da elaboração do gabarito, para que então fosse escavado tanto o baldrame como as sapatas. Quanto a fundação, inicialmente foi realizada a concretagem das sapatas, com cimento e pedras marroadas, em seguida foi executada a alvenaria do baldrame, a cinta de amarração e a viga baldrame, tendo como último passo a impermeabilização da fundação.

Análise do roteiro de observações

O roteiro de observação contava com itens não normativos, em que foi observado quais os instrumentos eram utilizados nas etapas de execução de escavação e fundação





e a configuração do aterro aplicado. Como a pesquisa só foi liberada após a construção da fossa séptica e do sumidouro, as informações que se tem quanto a isto foram apenas as fornecidas pelo engenheiro responsável que informou que para a escavação dos dois elementos supracitados foi utilizado como equipamento uma retroescavadeira (Figura 1).

Figura 1. Retroescavadeira utilizada para a escavação da fossa séptica e sumidouro.



Fonte: Engenheiro Responsável pela obra (2021).

Nas demais escavações foram utilizados: picaretas, lavancas e pás. Durante a execução das sapatas isoladas, foram utilizados além de pás, as enxadras, carros de mão e betoneira. Já para a realização das vigas de fundação (baldrame) utilizou-se martelos, pregos e maquitas. Outra informação obtida foi quanto a configuração do aterro, que foi disposta de forma homogênea e uniforme.

Análise dos dados obtidos pelo *checklist*

Verificou-se que dos 29 itens do *checklist*, 13 itens classificavam-se como não aplicáveis e 16 itens aplicáveis a obra, sendo que dos itens aplicáveis, 7 se apresentavam de forma inadequada, 5 como parcialmente adequadas e 4 itens completamente adequadas. No Quadro 1 são apresentados apenas os 16 itens aplicáveis (fase de planejamento e execução) na lista de verificação e os dois itens da fase final descritos de forma subjetiva. Os demais itens não aplicáveis a obra não estão apresentados na lista de verificação para não ficar extenso o *checklist*.



Quadro 1. Itens aplicáveis no *checklist*.

PLANEJAMENTO					
	(1)	(2)	(3)	(4)	Observação
Elaboração e implementação do PGR – Programa de Gerenciamento de Riscos.			x		
Existindo na proximidade da execução da obra, cabos elétricos, tubulações de água, esgoto, gás e outros, foram tomadas medidas preventivas de modo a eliminar o risco de acidentes durante a execução da escavação.		x			Fios expostos.
O projeto de execução levou em conta a característica do solo, as cargas atuantes, os riscos a que estão expostos os trabalhadores e as medidas de prevenção.		x			Não levou em consideração todas as medidas de prevenção.
EXECUÇÃO					
	(1)	(2)	(3)	(4)	Observação
Escavação					
O serviço de escavação é realizado e supervisionado conforme projeto elaborado por profissional legalmente habilitado.		x			Algumas vezes o engenheiro responsável pela execução não estava presente.
Os locais onde são realizadas as atividades de escavação, em que há riscos, tem sinalização de advertência, inclusive noturna, de modo visível em número e tamanho adequados, bem como, barreira de isolamento em todo o seu perímetro, de modo a impedir a entrada de veículos e pessoas não autorizadas.			x		Não havia nem barreiras, nem sinalizações de advertência.
Toda escavação com profundidade superior a 1,25 m somente foi iniciada com a liberação e autorização do profissional legalmente habilitado, atendendo o disposto nas normas técnicas nacionais vigentes.	x				
O talude da escavação é protegido contra os efeitos da erosão interna e superficial durante a execução da obra.			x		
Nas bordas da escavação, é mantida uma faixa de proteção de no mínimo 1 m (um metro), livre de cargas, bem como a manutenção de proteção para evitar a entrada de águas superficiais na cava da escavação.			x		
As escavações com profundidade superior a 1,25 m (um metro e vinte e cinco centímetros) são protegidas com taludes ou escoramentos definidos em projeto elaborado por profissional legalmente habilitado e dispõem de escadas ou rampas colocadas próximas aos postos de trabalho, a fim de permitir, em caso de emergência, a saída rápida dos trabalhadores.	x				
As escavações com profundidade igual ou inferior a 1,25 m passaram por avaliação da existência de riscos ocupacionais no local e, se necessário, foram adotadas medidas de prevenção.			x		Como não havia um PGR, conclui-se que os riscos não foram analisados e visivelmente não havia medidas de prevenção.
As escavações do canteiro de obras próximas de edificações foram monitoradas e o resultado documentado.			x		Canteiro de obras feito de madeira.
Os escoramentos utilizados como medida de prevenção são inspecionados diariamente.			x		Não havia escoramentos.
Sendo necessário o trânsito de pessoas sobre as escavações, foram construídas passarelas em conformidade com o item 18.8 da NR 18.		x			Existiam passarelas improvisadas.
O tráfego próximo às escavações é desviado, ou, na sua impossibilidade, são adotadas medidas para redução da velocidade dos veículos.	x				
Fundação					
	(1)	(2)	(3)	(4)	Observação
O serviço de fundação é realizado e supervisionado conforme projeto elaborado por profissional legalmente habilitado.		x			Algumas vezes o engenheiro responsável pela execução não estava presente.

PLANEJAMENTO					
	(1)	(2)	(3)	(4)	Observação
Os locais onde são realizadas as atividades de fundação, em que há riscos, tem sinalização de advertência, inclusive noturna, de modo visível em número e tamanho adequados, bem como, barreira de isolamento em todo o seu perímetro, de modo a impedir a entrada de veículos e pessoas não autorizadas.	x				Não existia nem barreiras, nem sinalizações de advertência.
FASE FINAL					
Escavação					
Após a escavação os restos de materiais arenosos não foram retirados, foram apenas afastados para serem utilizados como aterro.					
Fundação					
O material arenoso foi reutilizado como aterro até que o terreno tivesse aparência uniforme e homogênea.					

Adequado (1), parcialmente adequado (2), inadequado (3) e não se aplica (4). Fonte: Elaborado pelos autores e adaptado de Brasil (2020) e Ferreira (2021).

A aplicação do *checklist* possibilitou identificar que na fase de planejamento não houve a precaução de elaborar o Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), que quando existia nas proximidades da execução da escavação, cabos elétricos, tubulações de água, esgoto, gás, nem sempre eram tomadas medidas preventivas de modo a eliminar o risco de acidentes.

Ainda na fase de planejamento, o projeto de execução levou em conta as características do solo, as cargas atuantes, mas não os riscos a que estão expostos os trabalhadores e as medidas de prevenção, visto que não existia um PGR e que os trabalhadores não utilizavam todas as medidas de proteção como forma de evitar a ocorrência de acidentes. Observou-se que alguns trabalhadores não utilizavam o capacete e óculos de segurança; os sapatos de segurança estavam em condições inadequadas; ausência de protetores auriculares durante o manejo de máquinas geradoras de ruído; utilização do canteiro de obras e local de armazenamento de materiais para realização de refeições; e ausência de instalações sanitárias adequadas.

Na fase de escavação, de acordo com os dados obtidos através da aplicação do *checklist*, notou-se que o serviço era realizado conforme o que foi elaborado por um profissional legalmente habilitado, no entanto, nem sempre havia supervisão durante o processo de execução. O canteiro de obras já estava construído quando se iniciaram as visitas, no entanto era feito de madeira e pelo que foi observado não havia escavações a serem observadas. Os locais onde as atividades eram realizadas e existiam riscos, não tinham sinalização de advertência, nem barreira de isolamento em todo o seu perímetro, de modo que pudessem impedir a entrada de veículos e pessoas não autorizadas, apenas tapumes metálicos para isolamento do lote. Além disso, o talude da escavação não era protegido contra os efeitos da erosão interna e superficial durante a execução da obra, nas bordas da escavação não era mantida uma faixa de proteção de no mínimo 1,00 m, livre de cargas.

Tem-se que nas escavações com profundidade igual ou inferior a 1,25 m, visivelmente não foi notado nenhuma medida de proteção, já nas escavações com profundidade superior



a 1,25 m, que nesse caso se referem ao sumidouro e a fossa séptica, tem-se que estas somente foram iniciadas com a liberação e autorização do profissional legalmente habilitado, atendendo ao disposto nas normas técnicas nacionais vigentes e que segundo o que foi informado pelo engenheiro responsável, os operários dispunham de escadas próximas aos postos de trabalho, a fim de permitir, em caso de emergência, a saída rápida dos trabalhadores. Quanto ao trânsito de pessoas sobre as escavações, o que foi observado é que foram utilizadas tábuas de madeira como passarelas improvisadas. Já sobre o tráfego próximo a execução da atividade, tem-se que este era desviado, ou, no caso da sua impossibilidade, eram adotadas medidas para redução da velocidade dos veículos.

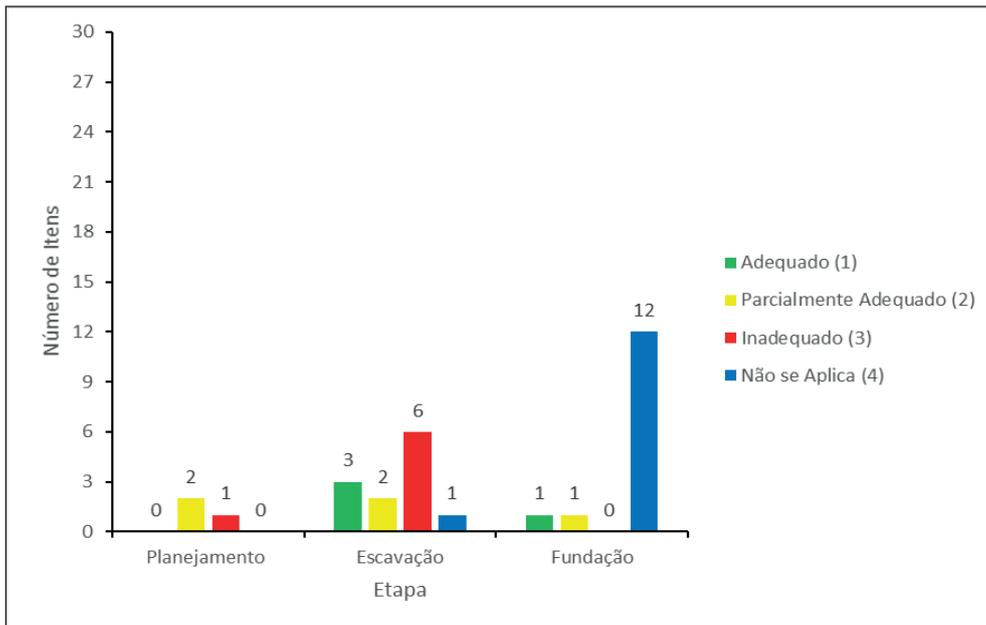
Na etapa de execução da fundação, o que se tem é que assim como na escavação ocorreram visitas em que o engenheiro responsável pela execução não estava presente, logo, o serviço não era supervisionado de forma contínua, por um profissional legalmente habilitado, assim como o fato de que os locais onde o serviço era executado se fazia escasso de sinalização de advertência e de barreiras de isolamento em todo seu perímetro.

Os itens destinados a fase final de cada etapa estudada, foram respondidos de forma subjetiva. Observou-se que após a escavação, os restos de materiais arenosos não foram retirados, sendo apenas afastados para serem utilizados como aterro, material este que foi utilizado na fase de fundação para que com o aterramento, o terreno tivesse aparência uniforme e homogênea.

Na Figura 2 são apresentadas a quantidade de itens não aplicáveis encontradas na obra, sendo 13 no total, no qual 1 item foi observado na fase de escavação e 12 itens na fase de fundação. Já com relação aos itens aplicáveis, 7 estavam inadequados, 5 parcialmente adequados e 4 adequados. Na fase de planejamento não se encontrou nenhum item adequado; na etapa de escavação existiam mais itens inadequados do que adequados; e não foi encontrado nenhum item inadequado na fase de fundação.



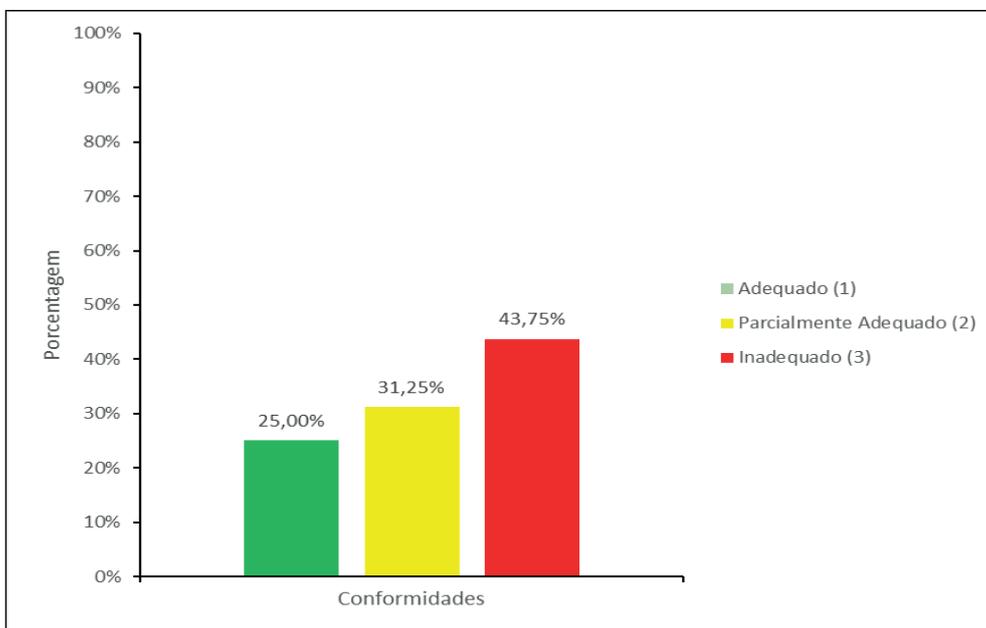
Figura 2. Conformidade de itens aplicáveis e não aplicáveis em uma obra de residência unifamiliar



Fonte: Autoria Própria (2021).

Com relação apenas aos itens aplicáveis (16 itens) tem-se de acordo com a Figura 3. que um total de 43,75% estavam dispostos de forma inadequado, 31,25% se encontravam parcialmente adequados e apenas 25,00% completamente adequados.

Figura 3. Conformidade dos itens aplicáveis presentes no *checklist* em porcentagem.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Diante do que foi discorrido, sugere-se que nas próximas obras a serem realizadas pela empresa, a princípio seja elaborado um PGR, para que se tenha noção de quais medidas de proteção precisam ser aplicadas desde o planejamento até a fase final de cada etapa da obra. Medidas essas que se referem a utilização de todos os equipamentos de



proteção individual (EPI's); construção de instalações sanitárias adequadas; construção de um espaço destinado exclusivamente para a realização de refeições; cumprimento dos itens normativos referentes ao distanciamento do local de execução de serviço e da área de circulação de pessoas como medida de proteção; cumprimento dos itens referentes a sinalização, existência de barreiras e equipamentos de proteção coletiva, como por exemplo, passarelas; cumprimento dos itens normativos referentes a exposição de fios elétricos; e exigir a supervisão de um profissional legalmente habilitado, de forma contínua durante a execução dos serviços.

■ CONCLUSÃO

O presente artigo alcançou o objetivo de analisar o processo de escavação e fundação em uma obra de construção civil, referente a construção de uma residência unifamiliar localizada em um condomínio privado da cidade de Mossoró/RN, diante do que exige a NR-18, em conjunto com uma análise sobre a conformidade ou não do que é pré-definido na norma em sua versão mais atual.

Diante da discussão dos resultados obtidos, pôde-se observar através da aplicação do *checklist* que dentre os 16 itens aplicáveis, apenas 4 atendiam as diretrizes da norma, ou seja, a obra analisada apresentava apenas 25% de conformidade no que tange o item 18.7.2 da NR-18, o que demonstra que a empresa precisa melhorar as condições de segurança e saúde dos trabalhadores, para evitar expô-los a diversos riscos de forma constante.

Como observa-se que as medidas básicas de proteção, como utilização de EPI's, não estavam sendo aplicadas, sugere-se que para alcançar um bom nível de conformidade, a empresa passe a adotar a utilização das principais medidas de proteção, em conjunto com a busca pelo cumprimento do que é disposto nas diretrizes da norma regulamentadora referente as condições de segurança e saúde no trabalho na indústria da construção.

Para a realização da presente pesquisa, identificou-se como principal dificuldade, a escassez de obras que estivesse na fase de escavação e fundação ou que ainda fossem ser iniciadas, além do receio apresentado por diversas empresas de submeterem suas obras a pesquisas envolvendo a temática segurança do trabalho.

Sugere-se para a realização de trabalhos futuros, temas relacionados à segurança do trabalho em escavações na área de saneamento e estradas; segurança na execução de fundações com bate-estacas e tubulões; análise ergonômica nas etapas de escavação e fundação; gerenciamento de riscos nas atividades de escavação e fundação; avaliação da implementação de programas como o PGR e PCMSO (Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional); importância da CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) na prevenção de acidentes nas fases de escavação e fundação; e a realização da SIPAT





(Semana Interna de Prevenção de Acidentes do Trabalho) como instrumentos de gestão de riscos nas etapas de escavação e fundação.

■ AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa concedida através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC).

■ REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES E GEOTECNIA (ABEF). **Manual de execução de fundações e geotecnia: práticas recomendadas**. São Paulo/SP: Pini, 2012. 499 p.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro/RJ, 2019. 108 p.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11682: Estabilidade de encostas**. Rio de Janeiro/RJ, 2009. 33 p.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9061: Segurança de escavação a céu aberto**. Rio de Janeiro/RJ, 1985. 31 p.
5. ALVES, Lucas Flores. **Riscos graves e iminentes para atividade de escavação em obras de saneamento básico em Ivoti/RS**. 21 p. 2017. Artigo de Monografia (Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo/RS, 2017.
6. BRASIL. Escola Nacional da Inspeção do Trabalho. 2020. **Norma regulamentadora 18: Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção**. Portaria MTb n.º 3214, 08 de junho de 1978, alterada pela Portaria SEPRT n.º 3773, de 10 de fevereiro de 2010, publicada no D.O.U. 11/02/2020. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho/pt-br/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-18-nr-18>. Acesso em: 14 mar. 2021.
7. FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO (FUNDACENTRO). **RTP 03: Escavações, fundações e desmonte de rochas**. São Paulo/SP, 2002. 35 p.
8. HENNERBERG, Fernanda. **Riscos em execução de fundações - roteiro para gestão de saúde e segurança em execuções de escavações e de fundações**. 2013. 89 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013.



- 
9. LEME, Robinson; DANTAS, Leoberto; ZARPELON, Daniela. **A NR-18 como instrumento de gestão de segurança saúde higiene do trabalho e qualidade de vida para os trabalhadores da indústria da construção**. 2008, 122 f. Monografia (Especialização em Higiene Ocupacional), Universidade de São Paulo, Programa de Educação Continuada em Engenharia, São Paulo, 2008.
 10. REDAELLI, Leandro Lorenzo; CERELLO, Luiz. **Escavações**. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA. São Paulo: ABGE, 1998. 587 p.
 11. SAMPAIO, Allefy Teles. LAVEZO, Ana Elisa. COUTINHO, Graziela Deldoto. **Segurança do trabalho e medidas de proteção na construção civil**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 9983-9997 mar. 2020.
 12. Serviço Social da Indústria (SESI). **Manual de segurança e saúde no trabalho para escavação na indústria da construção**. Brasília: SESI/ DN, 2019.
 13. SOUZA, Marina Peruzzo de. **Diagnóstico quanto à segurança do trabalho na execução de fundações**. 131 p. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2013.

Definition of scope in new product development projects for the food industry: a proposed method

| **Noelise Martins Manfio**
UNISINOS

| **Daniel Pacheco Lacerda**
UNISINOS

ABSTRACT

The competition triggered by globalization and the pursuit of products that satisfy customers are intrinsic to the food industry. In this context, projects for product development are vital for companies in this segment, which presented gross revenue of R\$ 431.9 billion in 2012, 9.5% of the Brazilian gross domestic product (GDP). The food segment has become the leader among transformation companies in terms of gross value. However, one can identify a significant number of product development projects that fail for several reasons: a) badly outlined scope, b) scope changes along the project, c) project cost increase, and d) long project time. The literature concerning this theme presents some models for the development of food products, but it does not focus on the definition of scope, thus reflecting the informality of this stage in this process. The research object of this investigation is the scope of projects in the development of products for the food industry. Unlike traditional science, this research is not restricted to describing, explaining, and predicting the phenomenon on screen; it advances towards proposing an artifact that best deals with the research object. To this end, a Design Science Research was used as the methodological guideline of this study. As a result, an artifact was proposed for this particular case: a method to define the scope of projects for product development in the food industry. The method proposed was designed from the combination and refinement of some steps: a) bibliographical research, b) practical experience, and c) research performed with Research and Development (R&D) experts from companies of the food industry. The method and its relevance for the food sector were assessed by specialists, thus confirming that, for a proper definition of scope in food product development projects, one needs a systematic, flexible, systemic-oriented process which increases the chances of success and reduces cost and project length. This study is intended to present a systematic method to define scope in the development of products for the food industry.

Keywords: Product Development; Project Scope; Product Scope; Food Industry; Project Management; Method for Product Development.



■ INTRODUCTION

According to the Brazilian Association of Food Industries (ABIA), thirty-two thousand formal food industries generated the equivalent of 9.5% of the gross domestic product (GDP) in 2012. That same year, the revenues of food and beverage industries totaled R\$ 431.9 billion, the first highest gross production value of the manufacturing industry (ABIA, 2013a). Exports totaled R\$ 84.8 billion, equivalent to 20% of the total industry sales. This result makes the food sector one of the most relevant to the generation of positive balance for Brazil, because in 2012 it reached US\$ 37.8 billion, a figure above the trade balance of the Brazilian economy as a whole, which was US\$ 19.4 billion (ABIA, 2013a).

In 2012, despite the worsening global economic crisis, the food and beverage industries totaled R\$ 11.1 billion in investments and, despite the reduced growth of the Brazilian GDP, real sales grew 4.6%. The growth of real sales was reflected in the increasing number of workers (ABIA, 2013b).

The beginning of the 90s marks the beginning of the restructuring of the food industry in Brazil due to the opening of the market to food imports. Consumers are now opting for the quality and diversity of imported products. The process of productive globalization of processed foods begins. Multinationals install their operational units in the country, taking advantage of the weakness of the positioning of national companies, and begin the process of acquisitions and mergers (Assunção, 2001).

The cultural, political and economic changes and the globalization impose an acceleration to the processes of changes, which Vieira (2002) indicates as being the motivator of organizations in the search for a better performance of their activities. Example of these changes is the fact that the Brazilian population migrated strongly from the consumption of in natura products to processed foods. To give an order of magnitude, 85% of the food consumed in Brazil go through some kind of industrial processing, number that in 1990 was of 70% and, in 1980, only 56% of the food consumed in the country went through some industrial processing (ABIA, 2013a).

For Rozenfeld *et al.* (2006), the increased competition, the technological changes ever faster, the reduction in the life cycle of products and the greater consumer demand are factors that require from companies greater flexibility, productivity and high quality. For this, they also depend on the efficiency and effectiveness in the process of product development. This context is also valid for the food industry.

Clark & Fujimoto (1991) argue that the frequency and strength in developing and launching new products interfere directly in the success and growth of the organization. For Cooper (1999), companies that do not innovate or fail in the development and launch of new products cannot stay on the market.





The development projects of new products play an important role in the strategic management of enterprises, becoming the elements that perform changes allowing the implementation of strategies and innovations and generating competitive advantages. With increasing demand for growth and innovation, routine operations in companies are reducing, while projects are increasing in importance (Shenhar & Dvir, 2007; Cleland, 1994).

In this context, it is possible to observe the relevance that the projects, in general, and the product development projects, in particular, have for businesses. The significant increase in demand for products that meet the requirements of consumers, linked to the pressures generated by global competitiveness justify that product development projects need to be better understood. According to PMI (2009), it is estimated that US\$ 12 trillion is spent annually on projects worldwide, which is equivalent to 25% of the world GDP. The size of the addressed problem increases, when checking the quantitative of unsuccessful projects. In a context of reduced budgets, any way to ensure that projects are carried out on time, with guaranteed quality, meeting all the requested scope and within the estimated cost, is necessary (Knob, 2007). Marques (2000) comments that despite the relevance of these projects in organizations, most do not meet their goals. The main objective of project management, according to Frame (1995), is to ensure that the job is done on time, within budget and according to specifications. These three dimensions - time, resource and scope - form the triple constraint of a project and are critical to the success (Xavier *et al.*, 2005; Rosenau, 1996). According to Valle *et al.* (2010), it is necessary to balance the conflicting constraints: time, cost and scope.

However, the project scope is a point overlooked by the project management processes, either by the complexity that it presents or by the diversity of visions involving a definition of scope. Kotonya and Sommerville (1998) call for attention to the danger of belittling the project scope because it seems to be unnecessary expense and not to bring immediate returns. Such savings in time and cost can be the cause of future rework, increasing the time and cost during the project. The lack of quality of a scope could jeopardize the project's success.

To Camargo (2007), the early stages of the project are those with a high level of abstraction and require considerable understanding of efforts, because of their complex dynamics. Black (1996) conducted a research with 70 engineers, who pointed out the lack of definition at the beginning of the project as the main cause of delays and costs over budget. Fleming & Koppelman (2005) suggest that there is no factor that contributes more to the success of a project than starting it with a full and robust definition of scope. Therefore, it is possible to verify how much the scope item interferes in development projects, whether in the specific sector of food or not.

It is possible to observe the lack of specific studies on development projects of food products; hence, there is relevance to the area of foods, a sector with a high rate of product





development projects, low rate of successful projects and with incipient and amateur existing procedures. According to Laidens (2007), what happens in most of the food industries is that projects are based on empirical procedures and are often based only on knowledge, skills and experiences of individuals. Thus, the aim of this study is to contribute to propose a method that helps the scope construction process in product development projects.

It will be presented next a synthesis of the review of the literature related to the search object. Then, the methodological procedures which bore the conduct of the research are evidenced. Finally, the method (device) developed is exposed and detailed.

■ LITERATURE REVIEW

Rozenfeld *et al.* (2006) state that selling a product with low added value and in high volume is less and less applicable. Companies seek to become global, competitive and launch new products to meet the continuously changing customer needs. New products that bring technological innovations, new functionalities, making them more attractive and creating the need for product replacement. This competitive environment makes companies have better processes for developing their projects (Rozenfeld *et al.*, 2006).

Project management seems to still be a phenomenon to be better understood. An indication of this can be seen in the CHAOS report (Beware, 2011), where 63% of information technology projects were not finalized in 2010. For food development projects, Rudder *et al.* (2001) state that the success rate is less than 12%. Redmond (1995) mentioned that the failure rate of new food products launched in the market increased from 42%, in 1965, to 86%, in 1991, mainly due to increased competition, increased product offering and, consequently, consumer market fragmentation. This reality does not seem to have changed significantly, despite the studies.

According to Laidens (2007), the food industry has the characteristic to release a large number of products per year. Nonetheless, projects lack definition and systematization, contributing to a high failure rate. This can occur because, in most food industries, projects are based on empirical procedures and based only on knowledge, skills and experiences of the individuals (Laidens, 2007). These failures in the food industry not only affect the financial or strategic results of the company, but can also generate consequences in the context of food security, a particularity of the sector (Laidens, 2007).

Toledo *et al.* (2008) report that product development is a complex process and of broad scope, and any research in this area has limitations and a wide range of critical success factors. Fleming & Koppelman (2005) suggest that there is no factor that contributes more to the success of a project than starting it with the best possible definition of the scope. Therefore, the scope interferes with development projects, whether in the specific sector of





food or not. According to Salgado *et al.* (2010), the product development process refers to the steps, activities, tasks, stages and decisions involving the product development project. Clark & Fujimoto (1991) define product development as the process by which the organization transforms data on market opportunities and technical possibilities in goods and information for the manufacture of a commercial product.

According to Rudder *et al.* (2001), the food product development process is costly, fraught with difficulties and subjectivity, and therefore, the failure rate is high. According to Prieto *et al.* (2005), the product development problem in the food industry is the resistance to innovation, due to the high cost of research, the communication disability between sectors involved and the difficulty of companies regarding market research. Thus, the process of product development that occurs in most food companies is characterized by informality - because it is based, largely, on adaptations of products that are similar to or marketed by competitors - and by developing products on trial and error until the objectives are achieved.

For Toledo *et al.* (2004), in the last three years companies are featuring their development projects according to the classification described by Fuller (1994): line extensions; new forms of existing products; reformulation of existing products; new packaging for existing products; new product for the company (already on the market); and innovative products (new to the market). Toledo *et al.* (2004) found that the majority of products developed by the companies (regardless of their size and whether they export their products or not) are of the type line extensions, on average, 42% of the developed designs. The relative share of companies doing innovative product designs is 14%.

Santos (2004) found that most types of products in the food industry is characterized by few transformations, little changes. Companies prefer to invest in the line extension development, which apparently presents no need to use development method of products or project management. Given this reality, the food product development methods are little widespread or not used.

According to Révillion *et al.* (2004), the food industry is paradoxical. On the one hand, overt investment in advertising, but with low investment in research and development. On the other hand, the launch of high value-added products for specific niches and demanding markets. Abreu (2007) states that the consumer is a challenging factor in the development of products in the food industries because of conservative consumption habits. The consumer buying behavior changes demanding higher value-added products has caused an increase in food product development projects (Beccatini, 1994).

Penso (2003) mentions that the food industry rarely used the expression “product design”, but rather “product development”, which was seen as a sophisticated cuisine, with laboratory sensory testing. This image has changed over time, although it is still common.





The final characteristics of a food product depends on the qualification and quantification of all sensory and physicochemical properties, of the process parameters, the conservation methods used, the packaging used and the food safety.

Fuller (1994) states that researchers have stepped up efforts to implement tools and methods for product development. So therefore they can identify the needs and desires of consumers and translate them into product features, thus reducing design time increasing its chances of success. For Rozenfeld *et al.* (2006), the way of conduction of the development can occur under different approaches. The evolution of the vision of how to manage product development is linked to the evolution of the general administrative procedure adopted by the company. The analysis of how the product development management of a company is and how it should be must consider a broad context. Including the competitive environment in which the company operates and its demands, the training and internal organization of the company and process performance. Hence, there is neither best approach nor the most appropriate (Rozenfeld *et al.*, 2006). Specifically in the development projects of food products, Rozenfeld *et al.* (2006) argue that a study of role models is leveraged by the capacity of design time reduction and better understanding of the demand, increasing the success rate.

Earle (1997) states that in the 50s there were two product development lines in a food company: one dominated by the marketing sector and another by the research and development (R&D) sector. At that time a high rate of failure was viewed in the projects, since both sectors used to neglect the consumer opinion. One of the characteristic obstacles in food industry enterprises, which remains until today, is the distance between marketing and R&D sectors, continuing to generate failures in the projects.

To Laidens (2007), the reference methods for the food industry are little widespread in business circles, but have been the subject of studies. Abreu (2007) states that one of the success factors of a food product development project is the use of a formal process, of a methodology. Santos (2004) presents the most well-known methods in the literature for the development of food products, according to Chart 1. It can be seen in the methods shown in Chart 1 that the steps have reduced approach regarding the description of the scope. This suggests that the stages of scope definition, as well as its management, are not specific and, therefore, do not get enough attention, or, perhaps, are being dealt internally at some stage.

Understanding the importance that the scope has to projects, PMI has defined two specific problems of the scope area that were questioned in the research Study of Benchmarking in the Management of Projects Brazil. Chart 2 shows the occurrence of the problems with scope.

One can observe the high rate of quotes, by enterprises for these problems, which involve directly the result of the project. In all versions of the study, from 2003 to 2012, there was the constancy of the high rates for these two problems related to the scope. It can be seen





the negative implications with which the product development projects are impacted due to the scope that is ill-defined and/or with recurring changes. These changes can interfere with the delivery of the project and/or its budget, jeopardizing companies with regard to product launches and costs, for example. Guerra (2006) found that 86% of surveyed projects were not delivered on time, 65% had changes in scope and in 49% the scope was ill-defined. Yugue (2011) conducted a survey which identified the interference of some situations in a project. It were only brought situations regarding this project, the scope. Survey responses with respect to the scope are shown in Chart 3.

Chart 1. Food product development methods.

Fuller (1994)	Rudolph (1995)	Earle (1997)	Polignano & Drumond (2001)	Penso (2003)
Product design - definition of the product - prototype development - benchtop testing - objective tests - subjective tests	Product design - prototype development	Design the product - product concept - product design specification - product prototype	Product design - detail the product design - build/develop and test prototypes	Product design Informational Design Phase - product concept - product attributes - product specifications Conceptual Design Phase - basic structure of the product - product conceptions - tests of the product prototype Detailed Design Phase - formulation and pilot test
Process design - tests in pilot plants - tests in industrial plant	Process design - pilot test	Process design - process plan	Process design - detail the process - test in pilot scale - prepare industrial plant	Process design Detailed Design Phase - process design specifications - layout of premises - test and manufacturing preparation for the batch test

Source: Santos (2004).

Chart 2. Problems that occur more often in projects in general of the organizations related to the scope.

Problems	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Constant changes of scope	69%	64%	69%	29%	62%	59%	70%	43%	62%	59%
Scope was not adequately defined	--	54%	--	--	60%	53%	61%	39.5%	62%	62%
Number of participating organizations	60	73	80	183	184	373	300	460	754	730

Source: PMI (2013).

The research of Yugue (2011) helps to verify how much the scope interferes in the projects to the point of increasing its complexity. This makes it possible to understand the importance that the scope represents for the projects and the need to balance this restriction with the others. In Yugue research (2011), it is also possible to verify a correlation between the changes in scope during the implementation of projects and cost. The increased complexity related to the scope changes during the projects decreases the likelihood of a project to be delivered on budget.





From 2010, the PMI began to consider sectors of the economy in the Study of Benchmarking in the Management of Projects Brazil. Chart 4 presents the results of the food sector and consumer goods.

This context requires research to develop devices to help reducing the problems observed. However, is necessary to build and classify the intended device in a certain Class of Problems to develop artifacts whether minimally generalizable and comparable. The Problem Classes allow the artifacts and their solutions not to be just a one-off response to a particular problem in a specific environment. That is, the artifact and its solutions can generally be used for similar problems (Dresch, 2013). The proposed method, artifact of this research, was inserted into the Class of Problems: definition of food product development project scope. This class of problems includes the following artifacts, as shown in Chart 5. Once characterized the problem class in which is inscribed the proposed device, it should be exposed the method of research and work that this investigation.

The following section details the logic of realization and the criteria used in the survey.

Chart 3. Scope interference to the complexity of the projects.

Project Situations	Helped a lot and fully to the complexity of the project
Uncertainty as to the scope of the project	86%
Uncertainty as to the scope of the product	83%
Significant changes in the scope during the project	76%
Scope changes during project execution	57%
Definition of the scope of product	39%

Source: Adapted from Yugue (2011).

Chart 4. Problems that occur more often in projects of the food/consumer goods sector of organizations related to the scope.

Problems	2010	2011	2012
Constant scope changes	53%	50%	50%
Scope was not adequately defined	40%	50%	50%
Number of participating organizations	460	754	730

Source: PMI (2013).

Chart 5. Problem Class and artifacts.

Problem Class	Artifacts
Definition of food product development project scope	Analysis of ideas (Graf & Saguy, 1991)
	Generation and Selection of ideas (Fuller, 1994)
	Product definition (Rudolph, 1995)
	Generation of ideas, product design and process design (Earle, 1997) (Polignano & Drumond, 2001)
	Informational and conceptual design (Penso, 2003)
	Informational design (Santos, 2004)

Source: Adapted from Dresch (2013).





■ RESEARCH METHOD

The purpose of the Design Science Research (DSR) is to develop knowledge to be used to design solutions to real problems (Van Aken, 2004). Therefore, the DSR is not concerned only with the research itself, but with the generation of knowledge that can be used to solve real problems, in improvement possibilities or in the creation of new artifacts. Simon (1996) explains that artifact is something that is built by man.

The DSR is a new look or a set of analytical techniques that allow the development of research in different fields, including engineering (Vaishnavi & Kuechler, 2011). The DSR aims to study, research and investigate things created by man and how these creations behave both from an academic point of view and from the point of view of the company, of the organization, of the industry (Bayazit, 2004). The result of this type of research is an artifact.

The artifact generated in this study is a method that, according to March & Smith (1995), can be understood as a set of steps required to perform a certain task. According to Chakrabarti (2010), what differentiates the traditional research from the DSR method is that traditional research is primarily concerned with understanding the phenomena, whether they are human, natural or systematic. While the DSR approach consists in improving these systems.

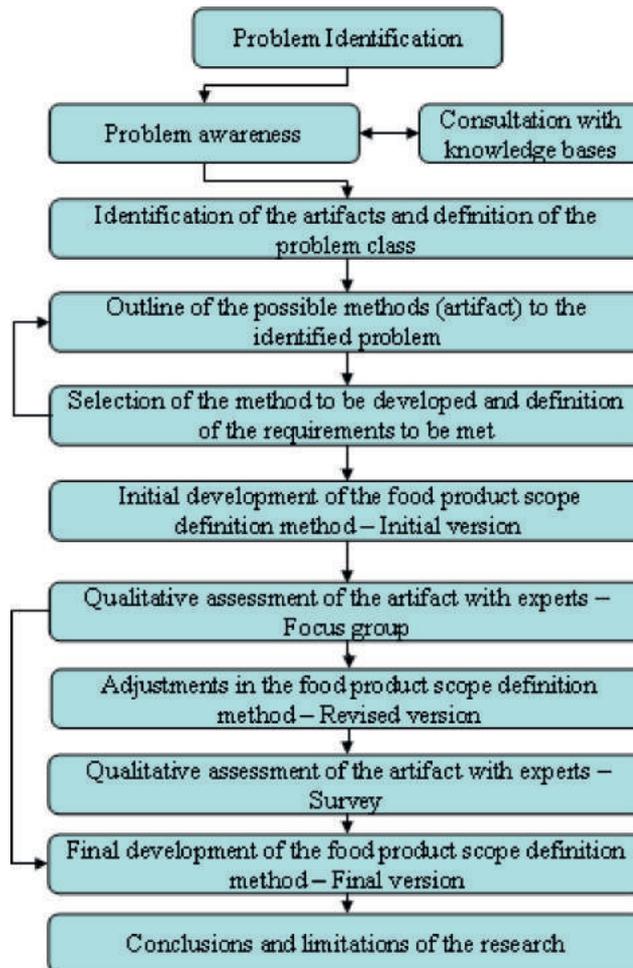
The DSR was the research method chosen by the fact that the aim of this study is to build an artifact that may assist in solving a real problem. The DSR is a rigorous process designing artifacts to solve real problems, evaluating the artifact, and the results are communicated (Lacerda *et al.*, 2013).

The research design requires knowledge on what is the best way to find out, by scientific means, the answer to the problem set. That best way can come from several factors: available resources (time, financial and human), method framing to the objective of the research, interest and ability of the researcher. Gil (2007) defines research as being the rational and systematic process that aims to find answers to the problems posed. The reasons of motivation for research come from practice or intellect. Saunders *et al.* (2012) argue that the search process needs to be treated as an “onion”, whose in each layer comes a question to be decided on the methodological approach that the researcher intends to follow.

The working method is a sequence of steps defined by the researcher. It is characterized by a set of systematic and rational activities that drive and underpin the generation of valid knowledge, establishing the steps to be followed to achieve the research objectives (Lakatos & Marconi, 2001). Figure 1 shows the working method that was chosen for the research.



Figure 1. Working method. Source: Elaborated by the authors.



For the survey was conducted a systematic review of the literature in databases of journals, articles, bank of theses and dissertations, as shown in Chart 6, using the method structured by Lacerda (2009).

Subsequently, the keywords and connectors were defined, aligned to the research topic in question. The search cutting by publication date was from 2000, for considering this period as being current for the material to be searched and for the subject matter of the research. Notwithstanding, some authors with publication dates previous to 2000 have been included for their relevance to the subject.

For the evaluation and validation of the proposed method were planned two moments: a) focus group for refinement; b) questionnaire for final validation. To structure the focus group, the recommendations used were from Tremblay *et al.* (2010) and Oliveira & Freitas (1998). For the participation of the focus group were selected five experts of food products development, with operations in the academic and business scope, as shown in Chart 7. Furthermore, they were selected based on two aspects: a) recognized knowledge and practice in the food product development area; b) availability to participate in the focus group.



The experts selected for the focus group received an invitation letter to participate in the research and to permit possible use of image and identity. A conduction route was built, where the theme and the research objectives, as well as the artifact, were presented to the participants through slide show. The discussion on the topic was given in order to validate the artifact providing a refinement therein through a previously formulated questionnaire, with open and closed questions. Open questions were defined in order to identify and qualify the experts. The section was filmed with the consent of all participants.

From the results obtained in the focus group, improvements were extracted generating a new version of the device, which was presented for a second round of evaluation. This second assessment took place through a questionnaire, sent electronically, also answered by experts in developing food products. The selection took place conveniently, by the own characteristic of the development of food products, which is restricted. The inclusion criteria for sending the questionnaire to experts was a minimum of 5 years experience in the field of projects in the development of food products. There was no company size restriction or relevance of academic performance, not even of academic background, age, gender or geographic region of operation. The focus was the performance in development projects of food products. The return rate of questionnaires was above 20%, defined by the literature as a significant return (Mattar, 1996). Chart 8 shows the profile of respondents.

Chart 6. Information sources.

Category	Information Source
Scientific Journals	EBSCOHost – Academic Search Complete, Business Source Complete, Academic Search Premier, Academic Search Elite, Information Science & Technology Abstracts
	SCIELO
	Product Management & Development (publication of the Product Development Management Institute)
Dissertations and Theses	BDTD/IBCT (Digital Library of Theses and Dissertations/Brazilian Institute of Science and Technology)
	DART Europe

Source: Elaborated by the author.

Chart 7. Profile of the evaluators participating in the focus group.

Evaluator	Training Course	Last school experience	Current position	Experience time in food R&D	Quantity of food R&D projects
1	Food engineering	Food engineering	Commercial	Between 11 and 15 years	Developed projects for 13 years
2	Technical chemistry	Technical chemistry course	Quality	Between 11 and 15 years	Does not remember
3	Industrial chemistry	Doctorate in engineering	Research Professor	Between 16 and 20 years	10 to 15
4	Food engineering	Master's degree in chemical engineering	Research Professor	Less than 5 years	5 to 10
5	Food engineering	Specialization in production engineering	Industrial R&D	Between 11 and 15 years	Does not remember

Source: Elaborated by the author.





The questionnaire was formulated with non-structured and structured questions, with staggered, Likert and dichotomous questions, in order to capture details and suggestions from experts. The Likert scale is a widely used scale. According to Malhotra (2004), the Likert scale requires that respondents indicate a degree of agreement or disagreement. This factor is important for the attempt to assess and validate the proposed method. It was not possible to survey the population of specialists in development projects of food products; therefore, the population for this research is considered unknown. The sample was non-probabilistic by convenience. This classification relies on the personal judgment of the investigator and not on the chance to select the sampling units.

Non-probabilistic samples can provide better estimates of the desired characteristics of the population. Sampling by convenience brings a negative bias, once it does not allow an objective assessment of the sampling results accuracy; however, it has low cost, is simpler and has a positive bias for this research that needs recognized experts. It also allows greater control by the researcher, which may give rise to a more qualified answer for the questions posed. It was in this sense that this technical procedure was adopted.

■ METHOD PROPOSAL – THE ARTIFACT

The proposed models focused in the food industry do not seem to be aware enough of the importance of a robust definition of the scope of project and product. Models that are not focused on the food industry neglect the particularities of the sector, as well as the importance of setting an appropriate scope. From the analysis of the models and techniques that the literature presents, one can make two observations: a) the models of the food product development process do not focus on the scope definition of product and process, clearly the focus is the development process itself; b) the techniques for scope definition are not focused on the food industry, but in project management from the PMI. Chart 9 shows the strengths and weaknesses existing in the evaluated models.



Chart 8. Profile of the evaluators participating in the questionnaire.

Evaluator	Graduation Course	Last school experience	Current position	Experience time in food R&D	Quantity of food R&D projects
1	Food Engineering	Graduation	Consultant, R&D	Up to 5 years	Up to 5
2	Food Engineering	Specialization	Consultant, R&D, Industrial	Up to 5 years	More than 21
3	Food Engineering	Specialization	R&D, Industrial	Between 11 and 15 years	More than 21
4	Food Engineering	Master's degree	Professor, R&D Researcher, Consultant	Between 6 and 10 years	Between 6 and 10
5	Food Engineering	Specialization	R&D	Between 11 and 15 years	More than 21
6	Food Engineering	Specialization	R&D	Between 1 and 5 years	More than 21
7	Industrial Chemistry	Technical course	R&D	Between 6 and 10 years	More than 21
8	Food Engineering	Graduation	Commercial, R&D	Between 11 and 15 years	More than 21
9	Food Engineering	Graduation	Commercial, R&D	Between 11 and 15 years	More than 21
10	Food Engineering	Master's degree	Professor, R&D, Consultant, Marketing, Commercial	Between 16 and 20 years	More than 21
11	Industrial Chemistry	Doctorate	Professor, R&D	Between 11 and 15 years	Between 6 and 10
12	Food Engineering	Specialization	Professor, R&D, Researcher, Consultant, Industrial, Commercial	More than 21 years	More than 21
13	Food Engineering	Specialization	R&D	Between 11 and 15 years	More than 21
14	Industrial Chemistry	Master's degree	Consultant, R&D	More than 21 years	More than 21

Source: Elaborated by the author.

For the proposition of the artifact of this research, the focus of analysis were the models of the development process of food products. It can be verified that the models are not clear nor systematic. Each food product development process model makes its approach and focuses on a process step. However, none of them describes or discusses the process for proper definition of a scope of product and process.

The artifact created for this research aims to meet the food industries, regardless of the size, of the product to be developed or even of the company structure. For use in other sectors, it may need to be adapted, considering particularities of the sector/case. To build the artifact, it were considered some features, with emphasis on visual representation and systemic vision. The proposed scope definition method of food product development projects has distinct steps that must be followed. For the conduct of the method, it should be chosen a person who is part of the research and development team of the company. It takes the participation and involvement of these people in the process:

- a) the external or internal customer(s);
- b) the team of research and development of the product (which may be the client);

- c) representative of the industrial sector (which may be the client);
- d) representative of the marketing sector (which may be the client).

The proposed method of the abduction process was given from the theory, the practice, the observation of reality and considerations made during the focus group. The suggestions made by the experts in the focus group were incorporated and represented in Figure 2. This same method was evaluated and validated in the quali-quantitative survey performed. Considering that the results obtained in the research have been satisfactory, the suggestions of experts were not followed.

Chart 9. Strengths and weaknesses of the existing artifacts.

Model	Stage	Weaknesses	Strengths
Graf & Saguy (1991)	Analysis of ideas	Does not systematize the scope definition. Does not consider the process as a definition of scope. Does not consider process requirements. Does not consider the business, consumer and Market. Does not consider cost. Does not consider legal requirements. Considers that the product requirements is already the scope.	Details of product requirements.
Fuller (1994)	Generation and selection of ideas	Does not systematize the scope definition. Does not consider the process as a definition of scope. Does not consider cost. Does not consider legal requirements.	Raising of ideas. Selects ideas according to business and consumer objectives. Analyzes ideas following process, marketing, financial and technical criteria.
Rudolph (1995)	Product definition	Does not systematize the scope definition. Does not consider the process as a definition of scope. Does not consider process requirements. Does not consider cost.	Integration of consumer issues, business objectives, product requirements and legal requirements.
Earle (1997)	Generation of ideas, product design and process design	Does not systematize the scope definition. Does not consider the process as a definition of scope. Does not consider process requirements. Does not consider cost. Does not consider legal requirements.	Considers the business strategies. Search critical analysis of product concepts in the market. Does market test. Evaluates the process technically and financially.
Polignano & Drummond (2001)		Does not systematize the scope definition. Does not consider the process as a definition of scope. Does not consider process requirements. Does not consider cost. Does not consider legal requirements.	Considers statistical tools.
Penso (2003)	Informational and conceptual design	Does not systematize the scope definition. Does not consider the process as a definition of scope. Does not consider process requirements. Does not consider business, consumer and market. Does not consider legal requirements.	Considers life cycle. Does quality function deployment (QFD). Develops and tests product design alternatives. Considers cost analysis. Selects suppliers for development.
Santos (2004)	Informational design	Does not systematize the scope definition. Does not consider the process as a definition of scope. Does not consider business, consumer and market. Does not consider cost. Does not consider legal requirements.	Gathering information for product design. Considers the product life cycle. Does quality function deployment (QFD). Details the product specifications. Gathers information and specifications of the process. Identifies availability of ingredients, raw materials, and available equipment. Records lessons learned.

Source: Elaborated by the author.



Before describing each step of the proposed method, some applications are required. The method must start in Step 1, especially when it is the first cycle to be conducted, that is, when the project is starting. When there is need to scope change during development, it means that some step of the scope definition method has not been adequately developed. To make the survey of the failure, the lessons learned logs are gathered and analyzed. From this verification, the method needs to be restarted at Step 1 in order to remedy all the possibilities for new flaws. After each step, it is necessary to register the activities, the decisions made and the lessons learned.

Lessons learned are information recorded during the process by a member of the development team that is chosen by the team and not necessarily always have to be the same. These records are essential for the whole process to be controlled and for its generated learning to be available, supporting future

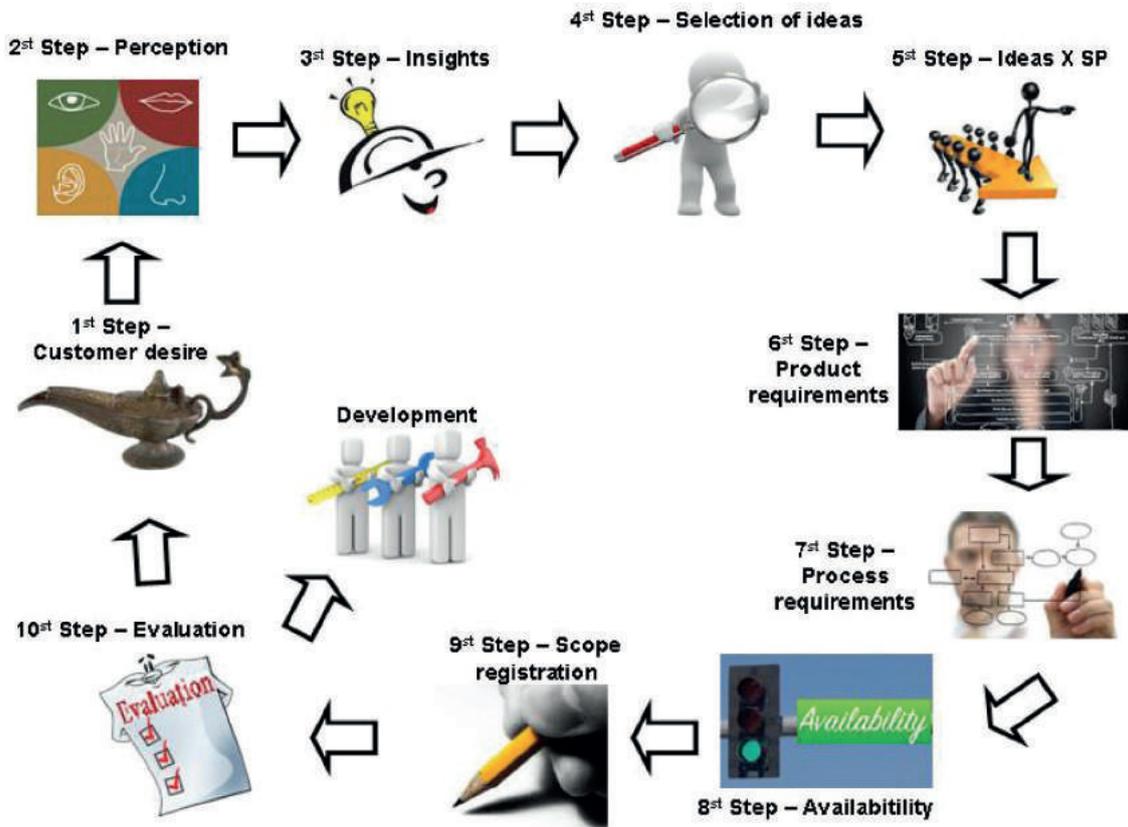
scope definitions or even possible changes that may occur during the development process. It is also important to use a checklist performed at the end of each stage of the method to ensure that all activities of each step were met. The checklist can be built according to the needs of each project and of each stage, with the choice of activities by the development team.

At the end of each stage, there is a decision making, a gate, a process of systematic review according to Cooper model (Cooper, 2001). At this point, the development responsible checks if the step is really finished and if there is possibility to move on to the next. The aim is to ensure that the process will continue to the next stage if the step is really complete. The tools used in the method are options found by the researcher. The developer responsible for conducting the project has the autonomy to decide which tools to use. At every stage it is suggested to use two tools to record the entire event occurred in the step: a) text editor: software for text editing;

checklist: list of activities to be performed during the step. This decision is the result of the developer experience, of the maturity of the team and of the project. These aspects cannot be overlooked. The following is a description of the proposed method.



Figure 2. The artifact: final view of the proposed method.



Source: Elaborated by the author.

1st Step – Customer desire

The method starts with the client’s expression for his desire, what he expects for the product to be developed. The client can be external or internal. Domestic demand may come from various sectors: marketing; b) industrial; c) research and development; d) costs; e) commercial; f) management. Each sector may identify an internal demand, being it of the final consumer, by reducing cost, of packaging alteration, of equipment exchange, namely, there are many types of demand. No matter what kind of demand, the method is focused on defining the scope; therefore, the type of demand does not interfere with the method. It is important to raise awareness of the need for full and proper definition of scope for driving the development project, something neglected in the food sector. Is part of the food sector culture that an existing product will serve as a reference for development projects of other companies. In this case, the product is available to carry out the survey of requirements. The inputs and outputs of this step are shown in Chart 10.

2nd Step – Perception

This step is the one that contains the highest degree of subjectivity of the method, because the perception is generated from the five senses, which are the interface between man and the external world. From the customer’s desire expression, the developer realizes



and manages to translate desire into a possible product. The inputs, outputs and suggested tools for this step are shown in Chart 11.

For being a subjective stage and with use of a subjective tool, the result is related to the ability developed that can come with experience or be a natural factor. There are sensory techniques to help develop this skill connected to the five senses, which, when united, generate the sixth sense. Ordóñez (2005) point out the psychic needs of the food, in addition to the organic. It is in this step that the psychic requirements are generated.

3rd Step – Insights

The insights are ideas that arise from the perception of the customer’s desire. It is at this stage that the generation of ideas happens, without bothering to limit or judge. The inputs, outputs and tools suggested for this step are shown in Chart 12.

For the process of generating the ideas, three cognitive tools are suggested:

- a) brainstorming: tool used in groups to develop and exploit the creative potential (González & Toledo, 2012);
- b) rich picture: tool used in Soft System Methodology (SSM), is a way to explore, recognize and define a situation and express it through drawings. A rich picture helps to open discussion and reach a broad shared understanding of a situation. For being “playful”, this technique supports and facilitates the visualization of ideas, not compromising the professional reputation and promoting a better understanding (Checkland, 2000);
- c) cognitive mapping: tool used in Soft System Methodology, useful to assist in structuring and solving problematic situations described, mainly, by qualitative notions. They are extremely rich in the sense to represent graphically the perception of an individual about a subjective problem. It is possible to consider that the scope of product and project is a problematic situation and, again, through the viewing occurs the transformation of ideas into written words (Robertson & Williams, 2006).

Chart 10. 1st Step: Customer desire.

Inputs	Outputs	Tools
1. Customer desire 2. Product visualization (if there is)	1. Product information 2. Product information registration 3. Record of learning	1. Text editor 2. Stage checklist

Source: Elaborated by the author.

Chart 11. 2nd Step: Perception.

Inputs	Outputs	Tools
1. Product information 2. Product information registration	Perceptions on the product 2. Registration of the perceptions on the product 3. Record of learning	1. Five human senses 2. Text editor 3. Stage checklist

Source: Elaborated by the author.



Chart 12. 3rd Step: Insights.

Inputs	Outputs	Tools
1. Perception on the product 2. Registration of the 3. perception on the product	1. Generated ideas 2. Registration of the generated ideas 3. Record of learning	1. Brainstorming 2. Rich Picture 3. Cognitive mapping 4. Text editor 5. Stage checklist
Source: Elaborated by the author.		

Source: Elaborated by the author.

4th Step – Selection of ideas

In this step occurs the evaluation and selection of the generated ideas which are convergent with the customer’s wishes. One can not invest in all ideas, so at this point it is possible that the rejection of a good idea and the acceptance of a bad idea occur. The inputs, outputs and tools suggested for this step are shown in Chart 13.

For the ideas that are most relevant, appropriate and converging to the project to be identified and selected, the suggested support tools are:

- a) 5W2H (What, Why, Who, When, Where, How, How Much): “what” to run, “why” it should be run, “who” must run, “when” it will be run, “where” it should be run, “how” it should be run, and “how much” it will cost to run. This initial quality tool to generate action plans facilitates the tangibilization of the aspects and desired attributes;
- b) choice committee: to set up a committee to make the selection of ideas classifying them as: a) promising; b) marginal; c) rejected. This committee, as well as the development team, is free for construction;
- c) criteria table: through a criteria framework, where ideas are assessed according to each criterion. Example: each idea will be valued from 1 to 5 for each criterion, with 1 signifying least important and 5, more important. The largest sums of values will be for the most important ideas. To build the framework, the team is free to define what are the criteria to be evaluated, as well as the form of valuation.

5th Step – Ideas x Strategic Planning

In this step, one can view the product and arises the need to examine its suitability to the business and the company’s strategies. The inputs and outputs for this step are shown in Chart 14.

Company documents containing relevant information to the business are important to verify the actual suitability of the new product to the company. If the project is not within the scope of the company’s development, it is necessary a specific analysis of the subject in order to verify if there is real interest from the company for the new product to be part of its product portfolio.

6th Step – Product requirements

This is the time of definitions of the product requirements, preparation of briefing. Fundamental step in the method, because this is where all the attributes and requirements - technical, financial and legal - will be observed. The inputs, outputs and tools suggested for this step are shown in Chart 15. Unlike the 2nd step, where perception is abstract, this step needs to be objective and focused. For tangibilization of all perceptions, selected ideas and defined requirements, it is suggested the following tools:

Chart 13. 4th Step: Selection of ideas.

Inputs	Outputs	Tools
<ol style="list-style-type: none"> 1. Generated ideas 2. Registration of the generated ideas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selected ideas 2. Registration of the selected ideas 3. Record of learning 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 5W2H 2. Choice committee 3. Criteria Chart 4. Text editor 5. Stage checklist

Source: Elaborated by the author.

Chart 14. 5th Step: Ideias X SP.

Inputs	Outputs	Tools
<ol style="list-style-type: none"> 1. Selected ideas 2. Registration of the selected ideas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Appropriate ideas to the process 2. Registration of the appropriate ideas to the process 3. Record of learning 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vision, Mission and Values of the company 2. Strategic plan of the company 3. Text editor 4. Stage checklist

Source: Elaborated by the author.

- reverse engineering (RE): is a product development tool where the starting point is a product or an existing prototype, where the product development process is applied in reverse. Cunha (1999) discusses two types of RE. One is applied to the company's own products, with the aim of improvement; the other in concurrence products, in order to understand the working principles and technology available. Mury and Fogliatto (2001) state that the RE is a technique which is little used by innovative countries, as it may be associated with piracy. But this technique is the most appropriate when the goal is set from quality parameters of existing products, to improve them. Thus, the product developed will be similar to the existing in the market, though different given the eventual changes made by the company;
- benchmarking: it is a practice that facilitates the continuous flow of new information for the development process, it serves as a source of learning and opportunities (Waqued, 2002);
- quality function deployment (QFD): is a tool for generating technical specifications of the project and product. The main objective is to translate the needs of the client(s) on requirements. Santos (2004) states that, due to the characteristics of food products, the deployment of the parts is often not possible;

- d) checklist: is a verifying list developed from the existing need, which may be different for each project. One can bring issues such as feasibility of ingredients, production line adjustment, target for cost, etc.;
- e) HACCP: set of rules and procedures that ensure the safety of the product to be consumed, ensuring consumer health (SENAI, 1999). Factor of great importance in the food sector, the scope of a project or product that is already in the food safety sphere;
- f) ISO 22000: is an international standard that defines the requirements for a food safety management system covering all links in the food supply chain (ABNT, 2006). Tool that converges with the HACCP.

7th Step – Process requirements

Knowing what is needed in the process, equipment and staff for the product to be produced is of fundamental importance for the continuation of the method. It is at this stage that the process requirements are raised. Some requirements can generate changes in the process that do not demand investments or abrupt changes. The inputs and outputs for this step are shown in Chart 16.

For this step is critical the presence of the responsible for the industrial sector, because he will be able to make the most appropriate evaluation and to do the survey of the needs. Being identified any need for changing the process or in the process, an analysis needs to be better performed, with participation of managers and decision makers.

Chart 15. 6th Step: Product Requirements.

Inputs	Outputs	Tools
1. Appropriate ideas to the process 2. Registration of the appropriate ideas to the process 3. ideas to the process	1. Technical, financial and legal requirements of the product 2. Registration of the product requirements 3. Record of learning	1. Reverse Engineering 2. Benchmarking 3. Quality function deployment 4. Checklist 5. HACCP 6. ISO 22000 7. Text editor 8. Stage checklist

Source: Elaborated by the author.

Chart 16. 7th Step: Process requirements.

Inputs	Outputs	Tools
1. Technical, financial and legal requirements of the product 2. Registration of the product requirements 3. Evaluation of the product's adequacy to the process 4. Registration of the product's adequacy to the process	1. Technical, financial requirements of the process 2. Registration of the process requirements 3. Record of learning	1. Text editor 2. Stage checklist

Source: Elaborated by the author.

8th Step – Availability



The verification of the availability of ingredients, supplies, equipment and production team is made at this stage. Even with a high supply of market possibilities, one still need to watch out for this step, as they are crucial factors for the development of the product. The search, in the availability market, is given with the research in regional, national and international suppliers. The technology, new researches and possibilities are in favor of the food industry and are already part of the service provided by suppliers to submit such opportunities. The inputs and outputs for this step are shown in Chart 17.

9th Step – Scope registration

After completing the previous steps, this stage is just the formalization of product and process scopes. The inputs and outputs for this step are shown in Chart 18.

It is suggested to build the scope with all relevant information obtained during the process of definition, for all will have their importance at some stage of the product development process.

10th Step – Evaluation

Evaluation as the closing of the cycle is important for the validation of the built scopes. It is at this stage that one can have the first viewing of the product and of the process that will follow in the development process. The inputs, outputs and tools suggested for this step are shown in Chart 19.

This step creates two paths: a) being a positive assessment, the scopes of the product and process are still in the product development process; b) being a negative assessment, the method starts again at Step 1. It is important to consider some requirements of the proposed method, as shown in Chart 20.

The requirements of the proposed method make the design scope more robust, complete and with fewer failures. The requirements do not present complexity or difficulty of adaptation, which facilitates and provides conditions for using the method.

Chart 17. 8th Step: Availability.

Inputs	Outputs	Tools
1. Technical, financial and legal requirements of the product	1. Availability of ingredients, inputs and equipment	
2. Registration of the product requirements	2. Registration of availability	1. Text editor
3. Technical, financial requirements of the process	3. Datasheets of ingredients, inputs and equipment	2. Stage checklist
4. Registration of the process requirements	4. Record of learning	

Source: Elaborated by the author.



Chart 18. 9th Step: Scope registration.

Inputs	Outputs	Tools
<ol style="list-style-type: none"> 1. Registration of the product information 2. Perception on the product 3. Technical, financial and legal requirements of the product 4. Evaluation of the product's adequacy to the process 5. Technical and financial requirements of the process 6. Availability of ingredients, inputs and equipment 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Product and process scope 2. Registration of the scope 3. Record of learning 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Text editor 2. Stage checklist

Source: Elaborated by the author.

Chart 19. 10th Step: Evaluation.

Inputs	Outputs	Tools
<ol style="list-style-type: none"> 1. Product and process scope 2. Customer desire 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Approval of the scope of the product and process OR 2. Non-approval of the scope of the product and process 3. Record of learning 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Text editor 2. Stage checklist

Source: Elaborated by the author.

Chart 20. Requirements of the proposed method.

Requirements
<ol style="list-style-type: none"> 1. There is no need to use specific software, the use of computer tool is to support the records and controls (text editor and checklist). 2. It does not require minimum specific training of the development team, only the knowledge of the tools to be used and the specific technical knowledge of the food sector is essential. 3. It is necessary that the conduct of the method occurs in traditional format meetings, with the physical presence of all, due to the importance of defining the scope to the process. With the advent of digital communication and globalization, where companies are sector and geographically far, it is possible to make digital meetings, nonetheless it is believed that there may be losses in communication and important information that could be picked up in person. 4. This method is cyclical and it is important to be completed as many times as necessary until the achievement deemed appropriate for a project scope. 5. Conducting records of lessons learned. 6. Starting the method in Step 1. 7. Using gate between steps, in a go-no go system.

Source: Elaborated by the author.

■ CONCLUSIONS

The survey showed satisfactory results regarding the proposed method. There was agreement among the experts regarding the increase in the chances of a project to succeed when using a scope definition method. Respondents were unanimous in saying that in addition to using the proposed method in their product development routines, they believe that the chances of success in their projects will be higher. They also expressed satisfaction with the artifact developed.

From the verification of the lack of a structured approach to define the food product development project scope, the overall objective was to propose a scope definition method. It is understood that the objectives of this study were achieved satisfactorily, mainly because the method proposed has presented positive assessment among the experts interviewed. And the confirmation that the scopes of food product development projects will be better defined using a structured method.



In environment where product development projects can be supported by simply copying or adapting products of competitors (Fuller, 1994), it is important to use the proposed method for the generation of new products, new ideas and successfully completed projects.

The method offers a systematization, establishes the procedures for defining the scope of food product development projects, assists in building and ensures that all steps are analyzed, defined, evaluated and enforced. The proposed method also contributes to the class of problems, supporting future research in the search for solutions to new problems.

The ignorance of the population of specialists working with product development projects brought difficulties to perform a sampling of greater relevance. The sampling for the survey took place in a convenient way, by the own characteristic of the food product development sector, which is restricted. This convenience can bring a negative bias, but brings the confirmation and reliability of the theoretical and practical knowledge of the specialist. Given the fact that it was not possible to conduct the interviews in person, some responses could not be understood. These were some limitations identified in the research. The application of the method proposed in product development projects, the application in specific industry segments and the validation of the proposed method in another sector than the food are some directions for future work.

■ REFERÊNCIAS

1. Abreu, A. (2007). *Esforço para inovação tecnológica: uma caracterização da indústria de alimentos do município de Marília/SP* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
2. Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos – ABIA. (2013a). *A força do setor de alimentos*. São Paulo. Recuperado em 26 de agosto de 2013, de <http://abia.org.br/vst/AForcadoSetordeAlimentos.pdf>.
3. Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos – ABIA. (2013b). *O setor em números*. São Paulo. Recuperado em 26 de agosto de 2013, de http://www.abia.org.br/vst/o_setor_em_numeros.html.
4. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2006). *NBR/ISO 22000: gestão da segurança de alimentos: diretrizes para a qualidade no gerenciamento de projetos*. Rio de Janeiro.
5. Assunção, M. R. P. (2001). *A liga açúcar: integração da cadeia produtiva do açúcar à rede de suprimento da indústria alimentícia* (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo.
6. Bayazit, N. (2004). Investigating design: a review of forty years of design research, Massachusetts Institute of Technology. *Design Issues*, 20(1), 16-29. <http://dx.doi.org/10.1162/074793604772933739>.
7. Beccatini, G. O. (1994). O distrito marshalliano. In G. Benko & A. Lipietz (Orgs.), *As regiões ganhadoras- distritos e redes: os novos paradigmas da geografia econômica*. Oeiras: Celta.





8. Beware. (2011). *Notícias – Setembro/2011 – Beware Consultoria: Projetos em TI ainda são problemáticos*. Niterói. Recuperado em 26 de agosto de 2013, de <http://www.beware.com.br/revistas/Newsletter%20da%20Beware%20-%20setembro%202011.pdf>.
9. Black, K. (1996). *Causes of project failure: a survey of professional engineers*. *PM Network*, 10:21-24.
10. Camargo, F. R. (2007). *Modelo para análise e seleção de alternativas na etapa conceitual de projeto* (Dissertação de mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.
11. Chakrabarti, A. (2010). A course for teaching design research methodology. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 24(3), 317-334. <http://dx.doi.org/10.1017/S0890060410000223>.
12. Checkland, P. (2000). Soft System Methodology: a thirty year retrospective. *Systems Research and Behavioral Science*, 17(S1), S11-S58. [http://dx.doi.org/10.1002/1099-1743\(200011\)17:1+::AID-SRES374>3.0.CO;2-O](http://dx.doi.org/10.1002/1099-1743(200011)17:1+::AID-SRES374>3.0.CO;2-O).
13. Clark, K. B., & Fujimoto, T. (1991). *Product development performance*. Boston: Harvard Business School Press.
14. Cleland, D. I. (1994). *Project management: strategic design and implementation* (2. ed.). São Paulo: McGraw-Hill.
15. Cooper, R. (1999). *Product leadership: creating and launching superior new products*. Cambridge: Perseus Books.
16. Cooper, R. (2001). *Winning at new products: accelerating to process from idea to launch* (3. ed.). Cambridge: Perseus.
17. Cunha, G. D. (1999). *Desenvolvimento do produto*. Porto Alegre: Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, UFRGS. Apostila de aula.
18. Dresch, A. (2013). *Design science e design science research como artefatos metodológicos para engenharia de produção* (Dissertação de mestrado). Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo.
19. Earle, M. D. (1997). Changes in the food product development process. *Trends in Food Science & Technology*, 8(1), 19- 24. [http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244\(96\)20009-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-2244(96)20009-3).
20. Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M. (2005). *Earned value project management* (3. ed.). Newtown Square: Project Management Institute.
21. Frame, J. D. (1995). *Managing projects in organizations: how to make the best use of time, techniques and people*. San Francisco: Jossey-Bass.
22. Fuller, G. W. (1994). *New food product development: from concept to marketplace*. Flórida: CRC Press LLC.
23. Gil, A. C. (2007). *Como elaborar projetos de pesquisa* (4.ed.). São Paulo: Atlas.
24. González, M. O. A., & Toledo, J. C. (2012). A Integração do cliente no processo de desenvolvimento de produto: revisão bibliográfica sistemática e temas para pesquisa. *Produção*, 22(1), 14-26.





25. Graf, E., & Saguy, S. (1991). *Food product development: from concept to the marketplace*. New York: Van Nostrand Reinhold.
26. Guerra, A. C. M. A. (2006). *Uma ferramenta para apoio à gestão de escopo de projeto em Tecnologia da Informação*. Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
27. Knob, F. F. (2007). *RiskFree4PPM: uma proposta de processo para o gerenciamento de portfólios de projetos distribuídos* (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
28. Kotonya, G., & Sommerville, I. (1998). *Requirements engineering: process and techniques*. London: Willey.
29. Lacerda, D. P. (2009). *A Gestão estratégica em uma universidade privada confessional: compreendendo se e como as intenções tornam-se em ações estratégicas* (Tese de doutorado). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro.
30. Lacerda, D. P., Dresch, A., Proença, A., & Antunes, J.A. V. Jr (2013). Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. *Gestão & Produção*, 20(4), 741-761. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2013005000014>.
31. Laidens, G. (2007). *Modelo conceitual de integração de ferramentas no processo de desenvolvimento de produtos alimentícios utilizando os princípios da gestão do conhecimento* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
32. Lakatos, E. M., & Marconi, M. A. (2001). *Metodologia científica* (4. ed.). São Paulo: Atlas,.
33. Malhotra, N. K. (2004). *Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada*. Porto Alegre: Bookman.
34. March, S. T., & Smith, (1995). Design and natural science research on information technology. *Decision Support Systems*, 15(4), 251-266. [http://dx.doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)00041-2](http://dx.doi.org/10.1016/0167-9236(94)00041-2).
35. Marques, L. J., Jr. (2000). *Uma contribuição para melhoria do planejamento de empreendimentos de construção em organizações públicas* (Dissertação de mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
36. Mattar, F. N. (1996). *Pesquisa de marketing: edição compacta*. São Paulo: Atlas. 270 p.
37. Mury, L. G. M., & Fogliatto, F. S. (2001). Adaptação de produtos para mercados diferenciados a partir da engenharia reversa. In *Anais do 3 Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto*. Florianópolis.
38. Oliveira, M., & Freitas, H. M. R. (1998). Focus Group - pesquisa qualitativa: resgatando a teoria, instrumentalizando o seu planejamento. *Revista da Administração*, 33(3), 83-91.
39. Ordóñez, J. A. (2005). *Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos processados*. São Paulo: Artmed.
40. Penso, C. C. (2003). *Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos na indústria de alimentos*. Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.





41. Polignano, L. A. C., & Drumond, F. B. (2001). O papel da pesquisa de mercado durante o desenvolvimento de novos produtos. In *Anais do 3 Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto* (pp. 121-130). Florianópolis: UFSC.
42. Prieto, E., Miguel, P. A. C., & Carvalho, M. M. (2005). Contribuição do gerenciamento de escopo para o sucesso no projeto de desenvolvimento de novos produtos: um caso de lançamento de refrescos na indústria alimentícia. In *Anais eletrônicos do 5º Congresso Brasileiro de Gestão do Desenvolvimento do Produto*. Curitiba: CEFET. 1 CD-ROM.
43. Project Management Institute – PMI. (2009). *PMI Today: the growing gap between project manager and supply and demand*. Newtown Square.
44. Project Management Institute – PMI. (2013). *Estudo de benchmarking em gerenciamento de projetos Brasil*. Rio de Janeiro.
45. Redmond, W. H. (1995). An ecological perspective on new product failure: the effects of competitive overcrowding. *Journal of Product Innovation Management*, 12(3), 200-213. <http://dx.doi.org/10.1111/1540-5885.1230200>.
46. Révillion, J. P. P., Padula, A. D., Federizzi, L. C., Martinelli, O., Jr., & Mangematin, V. (2004). Estudo do processo de inovação tecnológica no setor agroindustrial: estudos de caso na cadeia produtiva de leite fluido no sistema setorial inovação da França. *Revista de Administração Contemporânea*, 8(3), 75-98.
47. Robertson, S., & Williams, T. (2006). Understanding project failure: using cognitive mapping in a insurance project. *Project Management Journal*, 37(4), 55-71.
48. Rosenau, M. D. (1996). *The PDMA handbook of new product development*. New York: John Wiley & Sons.
49. Rozenfeld, H., Forcellini, F. A., Amaral, D. C., Toledo, J. C., Silva, S. L., Alliprandini, D. H., & Scalice, R. K. (2006). *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: Saraiva.
50. Rudder, A., Ainsworth, P., & Holgate, D. (2001). New food product development: strategies for success? *British Food Journal*, 103(9), 657-670.
51. Rudolph, M. (1995). The food product development process. *British Food Journal*, 97(3), 3-11.
52. Salgado, E. G., Salomon, V. A. P., Mello, C. H. P., Fass, F. D. M., & Xavier, A. F. (2010). Modelos de referências para desenvolvimento de produtos: classificação, análise e sugestões para pesquisas futuras. *Revista Produção On Line*, 10(4), 886-911. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v10i4.520>.
53. Santos, A. C. (2004). *Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos alimentícios – PDPA com ênfase no projeto do processo* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
54. Saunders, M., Thornhill, A., & Lewis, P. (2012). *Research methods for business students* (5. ed.). Inglaterra: Persons.
55. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI. (1999). *Guia para a elaboração do plano APPCC* (Série Qualidade e Segurança Alimentar. Projeto APPCC). Brasília.





56. Shenhar, A. J., & Dvir, D. (2007). *Reinventing project management: the diamond approach to successful growth and innovation*. Boston: Harvard Business School Press.
57. Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial* (3.ed.). Cambridge: MIT Press.
58. Toledo, J. C., Alliprandini, D. H., Zuin, L. F. S., Bosi, M. G., Oliveira, T. S. C., & Ferrata, M. R. (2004). Gestão do processo de desenvolvimento de produto na indústria de alimentos: análise preliminar. In *Anais do 24 Encontro Nacional de Engenharia de Produção* (pp. 2831-2838). Florianópolis: ABEPRO.
59. Toledo, J. C., Silva, S. L., Mendes, G. H. S., & Jugend, D. (2008). Fatores críticos de sucesso no gerenciamento de projetos de desenvolvimento de produto em empresas de base tecnológica de pequeno e médio porte. *Gestão e Produção*, 15(1), 117-134.
60. Tremblay, M. C., Hevner, A. R., & Berndt, D. J. (2010). Focus group for artifact refinement and evaluation in design research. *Communications of the Association for Information Systems*, 26, 599-618.
61. Vaishnavi, V., & Kuechler, W. (2011). *Design Research in information systems*. Atlanta: AIS. Recuperado em 18 de outubro de 2011, de <http://desrist.org/design-research-in-information-systems>.
62. Valle, A. B., Cierco, A. A., Soares, C. A. P., & Finocchio, J., Jr. (2010). *Fundamentos do gerenciamento de projetos* (2. ed.). Rio de Janeiro: FGV.
63. Van Aken, J. E. (2004). Management research based on the paradigm of the design sciences: the quest for field-tested and grounded technological rules. *Journal of Management Studies*, 41(2), 219-246. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-6486.2004.00430.x>.
64. Vieira, E. N. O. (2002). Gerenciando projetos na era de grandes mudanças: uma breve abordagem do panorama atual. *PMI-RS Journal*, (3), 7-10.
65. Waqued, C. A. (2002). *Benchmarking como base para melhoria contínua de processos e sua aplicabilidade em regionais* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
66. Xavier, C. M., Vivacqua, F. R., Macedo, O. S., & Xavier, L. F. S. (2005). *Metodologia de gerenciamento de projetos*. Rio de Janeiro: Brasport.
67. Yugue, R. T. (2011). *Contribuição ao estudo dos processos de gerenciamento e da complexidade dos projetos* (Dissertação de mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo.



**(Estrutura produtiva do quadrilátero
ferrífero mineiro: uma análise pelo
método diferencial-Estrutural).
Contribuições da engenharia de
produção para a gestão de operações
energéticas sustentáveis**

| **Helen Patrícia Pádua Belisário**
UFOP

| **Francisca Diana Ferreira Viana**
UFOP

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo investigar o comportamento econômico da estrutura produtiva dos municípios mineiros Congonhas, Itabirito, Mariana, Ouro Branco, Ouro Preto, São João Del Rei e Tiradentes no período de 2007 a 2017. Para tanto, foi utilizado o Método Diferencial-Estrutural (*Shift-Share*) para analisar as variáveis renda, emprego, importação e exportação, com base nos dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), que permitiram a pesquisa da dinâmica regional, uma vez que foi possível observar a descrição do crescimento econômico da região mineira em termos de sua estrutura produtiva. A síntese dos resultados mostra que houve mudança significativa na composição da estrutura produtiva de tais municípios circunstância que pode ser atribuída à influência do mercado de *commodities* liderado pelo setor de extração de minério de ferro, o que indica a dependência econômica desses municípios nesse setor da economia.

Palavras-chave: Mineração, *Shift-Share*, Diversificação, Especialização, Estrutura Produtiva.



■ INTRODUÇÃO

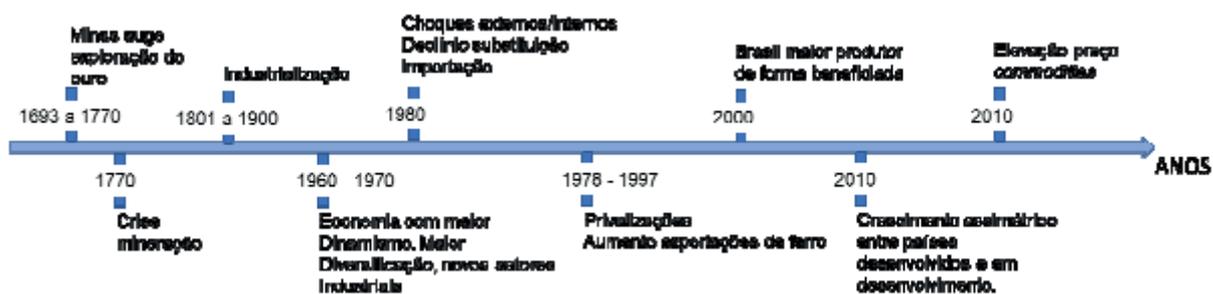
A mineração é um setor importante para a economia de vários países e, no caso do Brasil, está arraigada em nossa história, sobretudo porque se trata de um recurso natural abundante em nosso território, fator que contribui, conseqüentemente, para o seu crescimento econômico, mas não podendo esquecer-se dos impactos adversos socioeconômico, cultural e ambiental que pode causar.

Considerando esse contexto, este trabalho busca analisar a composição da estrutura produtiva dos municípios mineiros pertencentes ao denominado quadrilátero ferrífero, região conhecida historicamente pela produção e exportação mineral. Para tanto, fez-se uso do método diferencial-estrutural (shift-share) para as variáveis emprego, renda, exportação e importação nos anos de 2007 e 2017.

■ ANTECEDENTES HISTÓRICOS DA ESTRUTURA PRODUTIVA MINEIRA

Considerando o histórico da mineração na economia do Estado de Minas Gerais a figura 1 ilustra o comportamento da estrutura produtiva mineira, desde o auge da mineração do ouro entre 1693 e 1770 até a trajetória da industrialização, seguida pela diversificação no mercado mineiro com o surgimento de novos setores industriais.

Figura 1. Cronologia Histórica da Estrutura Produtiva Mineira.



Fonte: Elaboração própria a partir de Maxwell, K (1977); Affonso de Paula (2002); BDMG (2002); Diniz e Souza (2010).

Conforme aponta Almeida e Souza (2014, p. 8), a indústria mineira em 1960 era concentrada em quatro segmentos principais: fabricação de produtos alimentares, metalurgia, têxtil e de fabricação de minerais não-metálicos.

Em 2010, segmentos na industriais passaram a possuir relevância na estrutura produtiva do Estado: extração de minerais, metalurgia, fabricação de produtos alimentares, segmento de material de transporte, indústria química e mecânica, o que permite evidenciar a diversificação alcançada ao longo dos anos (ALMEIDA; SOUZA 2014, p. 9).





Podemos obter uma visão sintética da dinâmica produtiva mineira, conforme ilustra a figura 2, que nos apresenta o comportamento da economia mineira em seu incipiente movimento de diversificação de empresas a partir de investimentos externos nos anos 60. No século XX, a expansão capitalista na indústria pesada (siderurgia e química) evidenciou a diversificação na mineração, indústria de transformação e metalurgia em geral.

Figura 2. Diversificação, especialização e concentração: a dinâmica produtiva mineira.



Fonte: Elaboração própria a partir de DPNM (2011); Diniz (1981); FJP (2012); FIEMG (2016).

A figura 2 também retrata oscilações de crescimento e declínio no PIB mineiro ao longo dos anos, que estão, por sua vez, relacionados aos setores de *comodities*, culminando, no ano de 2012, na redução da demanda global pelo minério de ferro e que em 2014 esse cenário se mantém por falta do dinamismo da economia chinesa, levando a queda do preço do minério de ferro.

■ ASPECTOS METODOLÓGICOS, RESULTADOS E DISCUSSÕES

Método Estrutural – Diferencial (*Shift-Share*)

A aplicação do Método Estrutural Diferencial (*Shift-Share*) permite identificar o comportamento dinâmico regional por meio da descrição do crescimento econômico de uma região em termos de sua estrutura produtiva, fazendo uso de dois períodos: o inicial e o final (no caso desta pesquisa, serão 2007 e 2017, respectivamente).

O método permite desagregar as alterações, positivas ou negativas que ocorrem nas variáveis econômicas em diferentes componentes, nomeadamente em:

- Varição nacional - que indica um comportamento da variável na região igual ao verificado a nível da região de referência (neste caso, o estado de Minas Gerais);
- Varição regional - é aquela que teria ocorrido se a região obtivesse um crescimento da taxa média estadual de todos os setores da economia (taxa teórica).



- c) Variação estrutural (variação proporcional) - sendo a variação no crescimento (positiva ou negativa) que uma região poderia ter como resultado de sua composição industrial, ou seja, a participação relativa dos setores dinâmicos ou de crescimento lento (AZZONI, 1997, p.354).
- d) Variação diferencial (competitiva) - indicando o montante positivo (ou negativo) de crescimento que a região j conseguiria pelo fato de a taxa de crescimento, em determinados setores, ter sido maior ou menor nessa região do que na média estadual (Gonçalves Junior; Galete, 2010, p.151).

Com isto, a equação (1) apresenta a variação real do emprego do setor i no município j ($E_{ij}^1 - E_{ij}^0$) sendo igual a variação teórica ($E_{ij}^0 e$), adicionando as variações estrutural $E_{ij}^0(r_{ij} - r_{it})$ e o diferencial $E_{ij}^0(r_{ij} - r_{it})$.

$$\underbrace{(E_{ij}^1 - E_{ij}^0)}_{VTR} = \underbrace{(E_{ij}^0 r_{it})}_{VTT} + \underbrace{E_{ij}^0 (r_{it} - r_{it})}_{EE} + \underbrace{E_{ij}^0 (r_{ij} - r_{it})}_{D} \quad (1)$$

Considerando que:

E_{ij}^0 = é o emprego inicial do setor i no município j ;

E_{ij}^1 = é o emprego final do setor i no município j ;

r_{it} = é a taxa de crescimento do emprego total estadual;

r_{it} = é a taxa de crescimento estadual do emprego no setor i ;

VTR = variação total real do emprego do setor i do município j ;

VTT = variação teórica, corresponde à variação do emprego do setor i do município j que teria ocorrido se ele crescesse à taxa estadual;

EE = efeito estrutural;

D = efeito diferencial.

Sendo a variação real do emprego, por exemplo, do setor i no município j superior à variação teórica, indica que o emprego do setor i do município j cresceu mais que a média estadual e que existem elementos dinâmicos internos ou externos atuando no município de forma positiva.

A partir disto, é determinado o efeito total como a diferença entre a variação real e a variação teórica do emprego:

$$T_{ij} = (E_{ij}^1 - E_{ij}^0) - (E_{ij}^0 r_{it}) = E_{ij}^0 (r_{it} - r_{it}) + E_{ij}^0 (r_{ij} - r_{it}) \quad (2)$$

Em que T_{ij} é a variação líquida setorial



O efeito total será positivo se um dos efeitos (estrutural ou diferencial) apresentar um valor que supere a magnitude negativa do outro. Assim, quando o efeito estrutural for positivo, significa que o setor i da economia estadual cresceu mais do que a economia do país/estado e o município j terá esse dinamismo positivo quando o setor i estiver bem representado na economia da região.

Entretanto, o método exposto acima apresenta limitações quanto às mudanças que ocorreram na estrutura de emprego nos municípios durante o período de análise (Haddad et. al., 1989). Isto posto, para eliminar tal problema, Stiwell (1969) citado por Haddad *et al.* (1989) propõe o cálculo da variação proporcional revertida (R_{ij}), sendo as taxas de crescimento revertidas ponderadas com o emprego final (E_{ij}^1) e não com a inicial, conforme ilustra a equação (3):

$$R_{ij} = E_{ij}^1 (1/r_{it} - 1/r_{it}) \quad (3)$$

Se a variação proporcional revertida for maior que a variação proporcional calculada, isto é, $R_{ij} = E_{ij}^1 (1/r_{it} - 1/r_{it}) > E_{ij}^0 (r_{ij} - r_{it})$, indica que a estrutura de emprego do município aumentou quanto a sua especialização nos setores dinâmicos. Caso seja menor, a modificação estrutural não foi suficiente nos setores dinâmicos ou, até mesmo, não ocorreu (GONÇALVES JÚNIOR; GALETE, 2010, p.152).

Outra limitação no método é tratada por Esteban-Marquillas (1972) apud Haddad et. al. (1989) que reformula o efeito diferencial proposto ao adicionar a variável homotética (E_{ij}^{0*}), assim posto, eliminaria a dependência entre os efeitos estrutural e diferencial, uma vez que a participação dos setores não mais depende da distribuição regional, conforme demonstra a expressão (4).

$$(E_{ij}^{0*}) = E_j^0 (E_i^0 / E^0) \quad (4)$$

Onde:

E_j^0 = emprego total do município j no ano base;

E_i^0 = emprego total do setor no nível estadual, no ano base;

E^0 = emprego total estado do ano base.

Conforme exposto na equação 4, o emprego esperado do setor i do município j é definido como aquele que guarda a mesma proporção da economia (GONÇALVES JUNIOR; GALETE, 2010, p.153).

Sendo utilizado o emprego homotético para calcular o efeito diferencial, este fica sem a influência do efeito proporcional, pois o coeficiente de especialização será igual a zero em todos os setores. A proposição de Esteban-Marquillas (1972) apud Gonçalves Júnior; Galete (2010) está apresentada na equação (5)



$$D' = E_{ij}^{0*} (r_{ij} - r_{it}) \quad (5)$$

Conforme apontado por Esteban-Marquillas (1972) em Gonçalves Júnior; Galete (2010), o efeito de alocação (A_{ij}), juntamente com os efeitos estrutural e diferencial, analisam os componentes do crescimento regional, ou seja, a diferença entre o efeito diferencial tradicional (D_{ij}) e o efeito diferencial modificado (D'_{ij}).

$$A_{ij} = (E_{ij}^0 - E_{ij}^{0*}) (r_{ij} - r_{it}) \quad (6)$$

O efeito alocação indica se o município é especializado ($E_{ij}^0 > E_{ij}^{0*}$) e quais setores apresentam as melhores vantagens competitivas ($r_{ij} > r_{it}$). O Quadro 1 resume as possíveis definições que podem ser obtidas através da análise do efeito alocação:

Quadro 1. Possíveis resultados do efeito de alocação.

Definição	Efeito Alocação (A_{ij})	Especialização ($E_{ij}^0 - E_{ij}^{0*}$)	Vantagem Competitiva ($r_{ij} - r_{it}$)
Desvantagem Competitiva Especializada (DCE)	negativo	+	-
Desvantagem Competitiva Não Especializada (DC/NE)	positivo	-	-
Vantagem Competitiva Não Especializada (VC/NE)	negativo	-	+
Vantagem Competitiva Especializada (VCE)	positivo	+	+
Vant./desv. Comp. c/ mesma estrutura estadual	Nula	0	+ -
Neutralidade compet. Espec./não especializada	Nula	+ -	0

Fonte: Adaptado de Gonçalves Junior; Galete (2010).

Com a contribuição de Esteban-Marquillas, a equação para variação real do emprego fica decomposta em quatro variações, como se pode ver na equação (7) abaixo:

$$(E_{ij}^0 - E_{ijt}) = E_{ij}^0 e + E_{ij}^0 (r_{ij} - r_{it}) - E_{ij}^{0*} (r_{ij} - r_{it}) + (E_{ij}^0 - E_{ij}^{0*}) (r_{ij} - r_{it}) \quad (7)$$

Já Herzog e Olsen (1977) citados por Gonçalves Júnior e Galete (2010, p. 154) propõem o efeito alocação modificado A'_{ij} com a inclusão do emprego final (E_{ijt}) e do emprego teórico final (E_{ijt}^*) com o propósito de eliminar o efeito da mudança estrutural do período, de acordo com a Equação (8).

$$A'_{ij} = [(E_{ijt} - E_{ijt}^*) - (E_{ij}^0 - E_{ij}^{0*})] (r_{ij} - r_{it}) \quad (8)$$

Com isto, Herzog-Oslen (1977) propõe o efeito diferencial puro modificado D''_{ij} sendo:

$$D''_{ij} = D'_{ij} + A_{ij} - A'_{ij} \quad (9)$$

Substituindo a equação (9) pelas equações acima citadas, temos:

$$D''_{ij} = E_{ij}^{0*}(r_{ij} - r_{it}) + E_{ij}^0 - E_{ij}^{0*}(r_{ij} - r_{it}) - E_{ij}^t - E_{ij}^{t*} - E_{ij}^0 + E_{ij}^{0*} (r_{ij} - r_{it}) \quad (10)$$

$$D''_{ij} = (2 E_{ij}^0 - E_{ij}^t + E_{ij}^{t*} - E_{ij}^{0*})(r_{ij} - r_{it}) \quad (11)$$

Logo, encontramos a Variação Líquida Total (VLT_{ij}) do emprego no setor i do município j conforme equação (12) abaixo.

$$VLT_{ij} = E_{ij}^0 (r_{ij} - r_{it}) + (2 E_{ij}^0 - E_{ij}^t + E_{ij}^{t*} - E_{ij}^{0*}) (r_{ij} - r_{it}) + (E_{ij}^t - E_{ij}^{t*} - E_{ij}^0 + E_{ij}^{0*}) (r_{ij} - r_{it}) \quad (12)$$

Resultado da aplicação do método

Os resultados serão apresentados a seguir nas tabelas 1 e 2, por meio das quais os valores totalizados do efeito proporcional/estrutural (EPE) e efeito diferencial (ED) para as variáveis renda, emprego, importação e exportação serão retratados. Para tanto, os valores destacados em parênteses e a indicação de quais setores contribuíram especificamente de forma negativa ou positiva considerando as variáveis aqui estudadas poderão ser consultados em Belisário (2020).

Tabela 1. Resultado do método estrutural-diferencial para emprego e renda nos municípios do quadrilátero ferrífero.

Cidade	Emprego			Renda		
	Efeito Proporcional/Estrutural	Efeito Diferencial	Efeito Líquido Total	Efeito Proporcional/Estrutural	Efeito Diferencial	Efeito Líquido Total
Congonhas	18	5054	5072	2.509,07	15.268,14	17.777,21
Itabirito	-1864	-4395	-6260	-4.330,69	-7.554,59	-11.885,28
Mariana	-87	1394	1307	1.282,06	7.323,95	8.606,01
Ouro Branco	-1751	-7550	-9301	-18.110,24	-31.533,79	-49.644,03
Ouro Preto	-67	351	284	-1.517,95	4.461,10	2.943,15
São João Del Rei	893	2124	3017	2.054,28	12.641,95	14.696,23
Tiradentes	-3	295	293	22,41	497,20	519,61

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)/Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), 2019.

Tabela 2. Resultado do método estrutural-diferencial para exportação e importação nos municípios do quadrilátero ferrífero.

Cidade	Importação			Exportação		
	Efeito Proporcional/Estrutural	Efeito Diferencial	Efeito Líquido Total	Efeito Proporcional/Estrutural	Efeito Diferencial	Efeito Líquido Total
Congonhas	29.870.472,43	-17.795,63	29.852.676,80	51.678.435,71	135.656.572,04	187.335.007,75
Itabirito	4.346.451,60	1.425,28	4.347.876,89	23.272.939.221,92	712.492.936,84	23.985.432.158,76
Mariana	45.255.559,09	-37.002,65	45.218.556,44	-436.748.928,07	1.004.430.556,97	567.681.628,89
Ouro Branco	409.551.769,94	20.423.627,87	389.128.142,07	-185.385.096.754,13	-552.907.602,91	185.938.004.357,05
Ouro Preto	13.292.791,15	-6.952,06	13.285.839,09	751.330.210.360,01	-956.763.706,27	750.373.446.653,74
São João Del Rei	-3.575.859,26	-3.248.937,75	-6.824.797,00	125.746.995,91	-28.269.876,58	97.477.119,33
Tiradentes	-2.813,32	-3.196,88	-6.010,20	-27.129,40	-35.971,14	-63.100,54

Fonte: Elaboração Própria a partir de dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)/Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), 2019.



Os valores de Itabirito, para as variáveis emprego e renda de EPE e ED, foram negativos, indicando que esse município não se especializou em setores mais dinâmicos. Já, o impacto negativo da variável renda é dado pelos seguintes setores: obras de infraestrutura e fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias.

Para a variável importação, o valor de EPE foi positivo, influenciado pelo setor de plásticos e suas obras, máquinas, aparelhos e materiais elétricos, e suas partes. O valor positivo de ED foi influenciado pelo setor de borracha e suas obras.

Quanto à variável exportação, o valor positivo de EPE, destaca os setores de reatores nucleares, caldeiras, máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos e suas partes; além de ferro fundido, ferro e aço. O valor de ED, porém, foi negativo, embora seja representado pela influência dos mesmos setores.

O resultado negativo de Ouro Branco ao ED foi mais representativo, com destaque para os setores de Obras de infraestrutura e de alimentação. Pode-se dizer que os setores mencionados gozam de desvantagem em relação aos demais devido às possíveis dificuldades mercadológicas ou a fatores de produção.

Como se esperava, os resultados obtidos no EPE e ED para a variável renda tiveram comportamento semelhante àquele apresentado para a variável emprego, que apresenta o impacto gerado pelo setor de metalurgia. Neste caso em específico, nota-se, por meio da observação dos dados, uma redução da renda em 2017 em relação a 2007 de 65%; isso pode ter ocorrido em virtude da entrada da China no mercado mundial. Por outro lado, o ED é caracterizado por seu valor negativo, uma vez que sofre impacto dos setores de obras de infraestrutura e de alimentação.

O valor de EPE na importação apresentou-se positivo; foram observados os seguintes setores: combustíveis minerais, óleos minerais e produtos da sua destilação, matérias betuminosas, ceras minerais, obras de ferro fundido, ferro ou aço, reatores nucleares, caldeiras, máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos e suas partes. Os setores que contribuíram para o resultado negativo do ED foram: obras de ferro fundido, ferro ou aço, reatores nucleares, caldeiras, máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos e suas partes.

Quanto às exportações, o setor que mais impactou os resultados para os valores negativos de EPE e ED foi o de ferro fundido, ferro e aço. Tais valores podem estar associados a um período de retração de tal setor no mercado, considerando que o município apresentou uma baixa taxa de venda externa, ficando a produção destinada ao consumo interno.

Em Ouro Preto, os valores de EPE foram negativos; assim, observa-se que os setores que influenciaram esses resultados foram: metalurgia, pesquisa e desenvolvimento científico e administração pública. Para o valor positivo de ED, é válido ressaltar que o setor de





extração de minerais metálicos foi o que permitiu apresentar maior vantagem em relação aos demais para a produção; em seguida, o setor de administração pública.

Na variável renda, o EPE foi negativo, seguindo os mesmos setores da variável emprego, que são: metalurgia, pesquisa e desenvolvimento científico e administração pública. Para o ED positivo, os setores de extração minerais metálicos e administração pública contribuíram para evidenciar a vantagem do crescimento superior ao do Estado.

Na variável importação, o EPE é positivo, indicando os setores de combustíveis minerais, óleos minerais e produtos da sua destilação, matérias betuminosas, ceras minerais, borracha e suas obras e reatores nucleares, caldeiras, máquinas, aparelhos e instrumentos mecânicos, e suas partes. O valor de ED apresentou-se ligeiramente negativo no que se refere aos setores de matérias betuminosas, de ceras minerais, de borracha e suas obras e de obras de ferro fundido, ferro ou aço.

Para a variável exportação, o EPE apresentou valor positivo em relação aos demais municípios; havendo destaque nos seguintes setores: obras de pedra, gesso, cimento, amianto, mica ou de matérias semelhantes, minérios, escórias e cinzas e ferro fundido, ferro e aço.

Para o resultado negativo de ED, tem-se o setor de minérios, escórias e cinzas. Esse resultado pode ser atribuído à redução de 63%, que ocorreu no volume de exportação em 2017 em comparação a 2007, período em que o mercado de mineração estava em crise com a entrada da China. Reduções semelhantes a essa (81%) ocorreram nos setores de obras de pedra, gesso, cimento, amianto, mica ou de matérias semelhantes e de ferro fundido, ferro e aço; vale realçar que esse último setor não apresentou nenhum valor em suas exportações em 2017.

Análise dos efeitos Esteban-Marquillas

Em relação aos efeitos aplicados a partir das modificações de Esteban-Marquillas, os resultados são apresentados no Quadro 1 para os municípios estudados. Foram utilizadas as seguintes siglas: EA para mudança no Efeito Alocação; EE para o Efeito Especialização; VC para Vantagem Competitiva; VCE para Vantagem Competitiva Especializada; DCE Desvantagem Competitiva Especializada; VC/NE para Vantagem Competitiva Não Especializada; DC/NE Desvantagem Competitiva Não Especializada; DCE/MEM Desvantagem Competitiva Especializada com Mesma Estrutura Nacional.



Tabela 3. Efeito Esteban-Marquillas para Congonhas.

DESCRIÇÃO	EMPREGO			Resultados
	EA	EE	VC	
AGRICULTURA, PECUARIA E SERVIÇOS RELACIONADOS	-	+	-	DCE
OBRAS DE INFRAESTRUTURA	+	+	+	VCE
EXTRAÇÃO DE MINERAIS METÁLICOS	+	-	+	VC/NE

DESCRIÇÃO	RENDA			Resultados
	EA	EE	VC	
AGRICULTURA, PECUARIA E SERVIÇOS RELACIONADOS	+	-	-	DCE
SERVIÇOS ESPECIALIZADOS PARA CONSTRUÇÃO	+	+	+	VCE
COMERCIO E REPARAÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES E MOTOCICLETAS	+	-	+	VC/NE

DESCRIÇÃO	IMPORTAÇÃO			Resultados
	EA	EE	VC	
PRODUTOS MINERAIS	+	+	+/-	VDC/E

DESCRIÇÃO	EXPORTAÇÃO			Resultados
	EA	EE	VC	
PRODUTOS MINERAIS	-	+	-	DCE
PLÁSTICOS E SUAS OBRAS; BORRACHA E SUAS OBRAS	-	+	-	DCE
MAQUINAS E APARELHOS, MATERIAL ELÉTRICO	-	+	-	DCE
OBRAS DE PEDRA, GESSO, CIMENTO, AMIANTO.	-	+	-	DCE

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do MTE/RAIS 2019.

Tabela 4. Efeito Esteban-Marquillas para Itabirito.

DESCRIÇÃO	EMPREGO			Resultados
	EA	EE	VC	
OBRAS DE INFRAESTRUTURA	-	+	-	DCE
ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA, DEFESA E SEGURIDADE SOCIAL	+	+	+	VCE
EXTRAÇÃO DE MINERAIS METÁLICOS	+	-	+	VC/NE

DESCRIÇÃO	RENDA			Resultados
	EA	EE	VC	
OBRAS DE INFRAESTRUTURA	-	+	-	DCE
ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA, DEFESA E SEGURIDADE SOCIAL	+	+	+	VCE
EXTRAÇÃO DE MINERAIS METÁLICOS	+	-	+	VC/NE

DESCRIÇÃO	IMPORTAÇÃO			Resultados
	EA	EE	VC	
PRODUTOS MINERAIS	-	+	-	DCE
MAQUINAS E APARELHOS, MATERIAL ELÉTRICO	-	+	-	DCE
PLÁSTICOS E SUAS OBRAS; BORRACHA E SUAS OBRAS	+	+	+	VCE

DESCRIÇÃO	EXPORTAÇÃO			Resultados
	EA	EE	VC	
PRODUTOS MINERAIS	+	+	+/-	VDC/E
METAIS COMUNS E SUAS OBRAS	-	+	-	DCE
MAQUINAS E APARELHOS, MATERIAL ELÉTRICO	-	+	-	DCE

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do MTE/RAIS 2019.

Tabela 5. Efeito Esteban-Marquillas para Mariana.

DESCRIÇÃO	EMPREGO			Resultados
	EA	EE	VC	
AGRICULTURA, PECUARIA E SERVIÇOS RELACIONADOS	-	+	-	DCE
COMERCIO VAREJISTA	+	+	+	VCE
EXTRAÇÃO DE MINERAIS METALICOS	+	-	+	VC/NE

DESCRIÇÃO	RENDA			Resultados
	EA	EE	VC	
AGRICULTURA, PECUARIA E SERVIÇOS RELACIONADOS	-	+	-	DCE
COMERCIO VAREJISTA	+	+	+	VCE
EXTRAÇÃO DE MINERAIS METALICOS	+	-	+	VC/NE

DESCRIÇÃO	IMPORTAÇÃO			Resultados
	EA	EE	VC	
MAQUINAS E APARELHOS, MATERIAL ELETRICO	-	+	-	DCE
METAIS COMUNS E SUAS OBRAS	-	+	-	DCE
PLASTICOS E SUAS OBRAS; BORRACHA E SUAS OBRAS	-	+	-	DCE
INSTRUMENTOS E APARELHOS DE OPTICA, DE FOTOGRAFIA	+	+	+	VCE

DESCRIÇÃO	EXPORTAÇÃO			Resultados
	EA	EE	VC	
MAQUINAS E APARELHOS, MATERIAL ELETRICO	-	+	-	DCE
METAIS COMUNS E SUAS OBRAS	0	+	-	DCE/MEN

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do MTE/RAIS 2019.

Tabela 6. Efeito Esteban-Marquillas Ouro Branco.

DESCRIÇÃO	EMPREGO			Resultados
	EA	EE	VC	
ALIMENTAÇÃO	-	+	-	DCE
METALURGIA	+	+	+	VCE
FABRICAÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTICIOS	+	-	+	VC/NE

DESCRIÇÃO	RENDA			Resultados
	EA	EE	VC	
ALIMENTAÇÃO	-	+	-	DCE
METALURGIA	+	+	+	VCE
FABRICAÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTICIOS	+	-	+	VC/NE

DESCRIÇÃO	IMPORTAÇÃO			Resultados
	EA	EE	VC	
METAIS COMUNS E SUAS OBRAS	-	+	-	DCE
PLASTICOS E SUAS OBRAS; BORRACHA E SUAS OBRAS	-	+	-	DCE
MAQUINAS E APARELHOS, MATERIAL ELETRICO....	-	+	-	DCE
MATERIAL DE TRANSPORTE	-	+	-	DCE
INSTRUMENTOS E APARELHOS DE OPTICA, DE FOTOGRAFIA...	-	+	-	DCE
OBRAS DE PEDRA, GESSO, CIMENTO, AMIANTO...	-	+	-	DCE
PRODUTOS MINERAIS	+	+	+	VCE

DESCRIÇÃO	EXPORTAÇÃO			Resultados
	EA	EE	VC	
ALIMENTAÇÃO				
METALURGIA				
FABRICAÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTICIOS				
METAIS COMUNS E SUAS OBRAS	0	+	-	DCE/MEN

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do MTE/RAIS 2019.

Tabela 7. Efeito Esteban-Marquillas para Ouro Preto.

DESCRIÇÃO	EMPREGO			Resultados
	EA	EE	VC	
ALIMENTAÇÃO	-	+	-	DCE
METALURGIA	+	+	+	VCE
FABRICAÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTICIOS	+	-	+	VC/NE

DESCRIÇÃO	RENDA			Resultados
	EA	EE	VC	
ALIMENTAÇÃO	-	+	-	DCE
METALURGIA	+	+	+	VCE
FABRICAÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTICIOS	+	-	+	VC/NE

DESCRIÇÃO	IMPORTAÇÃO			Resultados
	EA	EE	VC	
METAIS COMUNS E SUAS OBRAS	-	+	-	DCE
PLASTICOS E SUAS OBRAS; BORRACHA E SUAS OBRAS	-	+	-	DCE
MAQUINAS E APARELHOS, MATERIAL ELETRICO....	-	+	-	DCE
MATERIAL DE TRANSPORTE	-	+	-	DCE
INSTRUMENTOS E APARELHOS DE OPTICA, DE FOTOGRAFIA...	-	+	-	DCE
OBRAS DE PEDRA, GESSO, CIMENTO, AMIANTO...	-	+	-	DCE
PRODUTOS MINERAIS	+	+	+	VCE

DESCRIÇÃO	EXPORTAÇÃO			Resultados
	EA	EE	VC	
ALIMENTAÇÃO				
METALURGIA				
FABRICAÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTICIOS				
METAIS COMUNS E SUAS OBRAS	0	+	-	DCE/MEN

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do MTE/RAIS 2019.

Tabela 8. Efeito Esteban-Marquillas para São João del-Rei.

DESCRIÇÃO	EMPREGO			Resultados
	EA	EE	VC	
COMERCIO VAREJISTA	-	+	-	DCE
ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA, DEFESA E SEGURIDADE SOCIAL	+	+	+	VCE
FABRICAÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS	+	-	+	VC/NE

DESCRIÇÃO	RENDA			Resultados
	EA	EE	VC	
COMERCIO VAREJISTA	-	+	-	DCE
ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA, DEFESA E SEGURIDADE SOCIAL	+	+	+	VCE
FABRICAÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS	+	-	+	VC/NE

IMPORTAÇÃO			
EA	EE	VC	Resultados
Não apresentou valores de importação em 2007			

DESCRIÇÃO	EXPORTAÇÃO			Resultados
	EA	EE	VC	
PRODUTOS MINERAIS	-	+	-	DCE
METAIS COMUNS E SUAS OBRAS	-	+	-	DCE
MADEIRA, CARVAO VEGETAL E OBRAS DE MADEIRA...	+	-	+	VC/NE
METAIS COMUNS E SUAS OBRAS	+	+	+	VCE

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do MTE/RAIS 2019.

Tabela 9. Efeito Esteban-Marquillas para Tiradentes.

DESCRIÇÃO	EMPREGO			Resultados
	EA	EE	VC	
METALURGIA	-	+	-	DCE
ALOJAMENTO	+	+	+	VCE

DESCRIÇÃO	RENDA			Resultados
	EA	EE	VC	
METALURGIA	-	+	-	DCE
ALOJAMENTO	+	+	+	VCE

DESCRIÇÃO	IMPORTAÇÃO			Resultados
	EA	EE	VC	
COBRE E SUAS OBRAS	0	+	-	DCE

DESCRIÇÃO	EXPORTAÇÃO			Resultados
	EA	EE	VC	
PREPARAÇÕES ALIMENTÍCIAS DIVERSAS	+	+	+	VCE

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do MTE/RAIS 2019.

EXEMPLOS DE DESTAQUE INTERNACIONAL: POSSÍVEIS LIÇÕES PARA A REGIÃO DOS INCONFIDENTES

O caso do médio curso do rio Zêzere: Minas da Panasqueira (Portugal)

Portugal, embora seja um país de pequenas dimensões, apresenta uma geologia diversificada com expressivo potencial em recursos minerais metálicos, dentre os quais se destacam: o ouro, o estanho, o volfrâmio e os sulfetos polimetálicos. É também considerado como um dos principais produtores mundiais de rochas ornamentais como mármore, calcário e granito (MARTINS; CARVALHO, 2007, p. 8).

As Minas da Panasqueira apresentaram-se como uma região de liderança na produção nacional de volfrâmio, o que levou a empresa Beralt Tin & Wolfram (BTW) a obter preços elevados em seus contratos. Mas, em 1986, com a entrada da China nos mercados, houve a baixa nas cotações e no ano de 1990, com o início da Guerra do Golfo, o aumento esperado do volfrâmio não foi correspondido devido à crise petrolífera, fato que levou as Minas da Panasqueira a encerrar suas explorações em 1994 (HORGAN, 2016).

E em 2014, após sucessivas quedas no preço do volfrâmio, as Minas da Panasqueira entraram em declínio, dispensando seus empregados ao longo de 2015 e acumulando prejuízos, fatores que resultaram na venda das Minas para a empresa Almonty (antigo proprietário 2005-2008), que converteu a situação ao gerar novos postos de trabalho e aumentar a produção (HORGAN, 2016).

Assim, percebeu-se que, nos últimos anos, algumas iniciativas foram discutidas na região, envolvendo especialistas nacionais e estrangeiros; porém, não tiveram um progresso conforme desejado graças à falta de sinergia entre as autarcas. É sabido que os parques mineiros constituem alternativas para o aproveitamento do patrimônio geomineiro, permitindo gerar emprego e diversificar a economia (BARROQUEIRO, 2005).

Portanto, a importância das Minas da Panasqueira não se esgota na exploração mineira, visto que apresenta alto potencial do patrimônio geomineiro. Mesmo que o Projeto Rio não tenha gerado o retorno financeiro almejado, entende-se que outras condições de viabilização possam ocorrer, já que projetos desta natureza não só geram sinergias no plano econômico como também se enquadram nos planos social e cultural da região (BARROQUEIRO, 2005).

O caso de *Nord-Pas-de-Calais*

A região de *Nord-Pas-de-Calais*, localizada no noroeste da França, tornou-se conhecida no cenário mundial devido à alta emissão de elementos metálicos na atmosfera durante muitos anos por empresas que ali atuavam. A exploração de carvão e as atividades metalúrgicas



eram controladas pelas empresas *Metaleurop*, em *Noyelles-Godault*, e a *Nyrstar*, em *Auby* (COSTA; FERNANDES, 2013).

Conforme apontado por Zuideau (2010), o crescimento industrial na área de mineração de *Nord-Pas-de-Calais* começou em meados do século XVIII, o que permitiu, durante 270 anos, um acúmulo proporcional quanto a dificuldades ambientais e sociais. Com isto, a região de *Nord-Pas-de-Calais* teve o seu crescimento econômico marcado pela mineração, sendo o setor mais representativo da indústria pesada. (CHAUTARD; ZUINDEAU, 2001).

É importante ressaltar que as políticas de reconversão foram adotadas cujo propósito seria para substituir as atuais atividades, e, para entender a história e os resultados desiguais no gerenciamento de problemas ambientais, é válido observar que na área de mineração *Nord-Pas-de-Calais* algumas ações após 1990 passaram a ser alvo de atenção das autoridades públicas, levando a uma abordagem nacional, na medida em que se buscou inventariar todos os locais poluídos que tiveram atuação industrial antiga (ZUINDEAU, 2010, p.6).

Nesse contexto, a reconversão da região figurava como um processo complexo e oneroso, sendo necessária a participação de vários atores para viabilizar a prática do plano de recuperação que visava medidas urgentes e outras de médio prazo. O plano de reconversão tinha como premissa a valorização dos fatores de produção (infraestrutura, mão de obra qualificada e centros de pesquisa) sendo criadas zonas de atividades, hotéis e zona franca, de forma que as empresas fossem beneficiadas com isenções fiscais e sociais, permitindo, assim, a geração de emprego (COSTA e FERNANDES, 2013).

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste estudo, foi possível notar que os setores compostos por *commodities* apresentam uma importante atuação no cenário das exportações da maioria dos municípios, fator que merece ser destacado, uma vez que esse tipo de mercadoria apresenta menor concentração de capital do que os produtos industrializados, o que pode trazer uma preocupação quanto à importância de se ter uma base de exportações mais diversificada e dinâmica para o sucesso da economia de uma região. Uma pauta de exportações vinculada a *commodities* faz com que haja uma dependência das oscilações de demandas externas, situação que pode influenciar negativamente o desempenho econômico regional que foi, inclusive, verificado em alguns momentos por meio dos resultados apresentados neste estudo. É importante ressaltar, após a análise dos dados, que, apesar de os setores da indústria extrativa e de transformação ainda serem potenciais na maior parte dos municípios estudados como Itabirito, Ouro Branco, Congonhas, Mariana, Ouro Preto, podemos sugerir que setores como o de turismo bem como o próprio setor de comércio varejista poderiam





ser investidos como alternativa de atividade, mesmo não conseguindo chegar ao nível de movimentação financeira provocada pela mineração.

Esses resultados evidenciam a alta concentração em *commodities* na pauta de exportação e o objetivo em substituir a importação, ou uma redução da dependência da economia externa, não seria alcançado devido ao fato de o setor de *commodities* possuir disponibilidade e favoráveis condições de acesso às matérias-primas, bem como promover investimentos na logística de escoamento e incentivo à regulação (crédito e subsídio).

■ REFERÊNCIAS

1. AFFONSO DE PAULA, R. Z. Indústria em Minas Gerais: origem e desenvolvimento. In: X Seminário de Economia Mineira 2002, Diamantina. **Anais...**, 2002. Disponível em: <<http://www.cedeplar.ufmg.br/diamantina2002/textos/D13.PDF>>. Acesso em: Abril de 2011
2. ALMEIDA, Tiago Rafael Corrêa de; SOUZA, Carla Cristina Aguiar de: Evolução da estrutura industrial de Minas Gerais no período 1960-2010: uma análise frente aos demais estados da federação, XVI Seminário sobre a Economia Mineira em Diamantina, Diamantina, **Anais...** Minas Gerais, 2014.
3. AZZONI, Carlos Roberto. Concentração Regional e Dispersão das Rendas Per Capta Estaduais: Análise a partir de Séries Históricas Estaduais do PIB 1939- 1995. **Estudos Econômicos**, São Paulo, V27, n3, p 341-393, Set- dez 1997.
4. BANCO DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS (BDMG). **Minas Gerais do Século XXI**. Rona Editora, Belo Horizonte, 2002.
5. BARROQUEIRO, M. L. Gaspar. “Projecto Rio” e o Património Geomineiro das Minas da Panasqueira. In: III SIMPÓSIO SOBRE MINERAÇÃO E METALURGIA HISTÓRICAS NO SUDOESTE EUROPEU, Porto, **Anais** 2005. Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa.
6. BELISÁRIO, Helen Patrícia Pádua . (Dissertação). **Uma aplicação do método estrutural – diferencial para a região dos Inconfidentes frente à estrutura produtiva econômica no período de 2007 a 2017**. Programa de Pós-graduação em Economia Aplicada (PPEA/UFOP), Ouro Preto, Minas Gerais, 2020, 108p.
7. BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC). **Balança Comercial Brasileira**. Disponível em:<<http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/balanca-comercial-brasileira-acumulado-do-ano>>. Acesso em:07/04/2020
8. BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Relatório Anual de Informações Sociais**. Disponível em: <<http://bi.mte.gov.br/bgcaged/login.php>>. Vários acessos, 2019.
9. BRASIL. Agência Nacional de Mineração. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). **Sumário Mineral 2011**. Brasília, DNPN, 2012.
10. CHAUTARD, Guy; ZUINDEAU, Bertrand. L'enjeu d'une reconversion durable des territoires de tradition industrielle: l'exemple du bassin minier du Nord-Pas-de-Calais. In: **Espace, populations, sociétés**, Lille, v. 19, n. 3. 2001. p. 325-339,





11. COSTA, Carla Guapo; FERNANDES, Francisco Rego Chaves. **Governança e Responsabilidade Social Empresarial: a necessária convivência**. Projeto Santo Amaro–BA, 2013, 42p.
12. DINIZ, Gustavo Figueiredo Campolina; SOUZA, Tomaz Osmar de. Indústria Mineira: Mudanças estruturais e Aglomerações Territoriais. In: XIII ENCONTRO REGIONAL DE ECONOMIA, 2010. **Anais...** Porto Alegre: ANPEC – Sul, 2010.
13. DINIZ, Clélio Campolina. **Estado e capital estrangeiro na industrialização mineira**. Belo Horizonte: UFMG IPROED, 1981.
14. FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Boletim de Conjuntura Econômica, 4º trimestre de 2012**, ano 6, n 1, março de 2013. Disponível em: <http://www.fjp.mg.gov.br>, acesso em 02/02/2020
15. GONÇALVES JUNIOR, Carlos Alberto; GALETE, Rinaldo Aparecido.. O método estrutural-diferencial: aplicação da adaptação de Herzog e Olsen para a microrregião de Maringá frente à economia paranaense 1994/2008. **Informe Gepec**, Toledo, v.12, n.2, p.149-165, jul/dez 2010.
16. HADDAD, Paulo Roberto; DE FERREIRA, C. M.; BOISIER, Sérgio; ANDRADE, T. A. **Método de Análise Diferencial - Estrutural. Economia Regional: Teoria e Métodos de Análise**. Fortaleza, 1989.
17. HORGAN, Sara. **Boletim de Minas**. v. 51, n. 1. Direção Geral de Energia e Geologia, Depósito Legal: N° 3581/93, Lisboa, 2016
18. MARTINS, Luiz M. Plácido.; CARVALHO, Jorge M. F. PASSADO, PRESENTE E FUTURO DA INDÚSTRIA EXTRACTIVA EM PORTUGAL. (INETI - Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação). In: **Actas do Colóquio “A Indústria Mineira: Passado e Futuro”**. Universidade de Coimbra, março, 2007.
19. MAXWELL, Kenneth. **A Devassa da Devassa**. Rio de Janeiro: Paz & Terra, 1977.
20. SISTEMA FIEMG – Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, **Balanco Anual 2016 e Perspectivas**, dezembro 2016. Disponível em: <https://www7.fiemg.com.br/fiemg/produto/balanco-anual-da-economia-mineira>, acesso em 27/10/2019.
21. ZUINDEAU, Bertrand. **Développement Durable et Territoire**. Éditeur Presses Universitaires du Septentrion 2010, ISBN: 9782757418512. Développement durable et anciens territoires d’industrialisation, cap. 19, p. 241-251.



Modelo pedagógico ML-SAI no ensino remoto emergencial em um curso de Engenharia de Produção durante a pandemia de Covid-19

| **Ernane Rosa Martins**
IFG

| **Luís Manuel Borges Gouveia**
UFP

RESUMO

O Modelo Pedagógico ML-SAI é fundamentado na Sala de Aula Invertida (SAI) e personalizado para atividades de Mobile Learning. O presente estudo foi aplicado no ensino de engenharia de produção em um curso superior do Estado de Goiás. Este trabalho de pesquisa investiga, através de um estudo de caso, como a abordagem do ML-SAI pode ser usada para melhorar o ensino remoto emergencial na engenharia de produção em tempos da pandemia de COVID-19. Os resultados da avaliação demonstraram que a maioria dos alunos apreciaram a utilização do ML-SAI, como uma abordagem para as aulas de engenharia de produção neste cenário.

Palavras-chave: ML-SAI, Ensino, Pandemia, Engenharia.



■ INTRODUÇÃO

A pandemia de COVID-19, causada pelo novo vírus SARS-CoV-2, fez com que a sociedade se reorganizasse em todos os seus aspectos, inclusive o sistema educacional, de modo a atender as demandas desta nova configuração social, por meio da modalidade não presencial, denominada de ensino remoto emergencial (MÉDICI; TATTO e LEÃO, 2020).

É preciso destacar que o ensino remoto emergencial teve que ser adotado de forma abrupta, pois não segue as diretrizes da educação a distância, a qual possui uma larga experiência e normativas próprias. De maneira emergencial, professores e gestores educacionais tiveram que adaptar seus planos de atividades, metodologias e conteúdos, a esta nova situação das Instituições de ensino, de forma totalmente experimental (SILUS; FONSECA e JESUS, 2020). Assim, o uso das tecnologias digitais tornou-se essencial nos processos educacionais, como possíveis alternativas utilizadas pelas instituições de ensino para seu funcionamento neste cenário emergencial (ALVES; FARIA; LEMOS; COSTA; SILVA e OLIVEIRA, 2020).

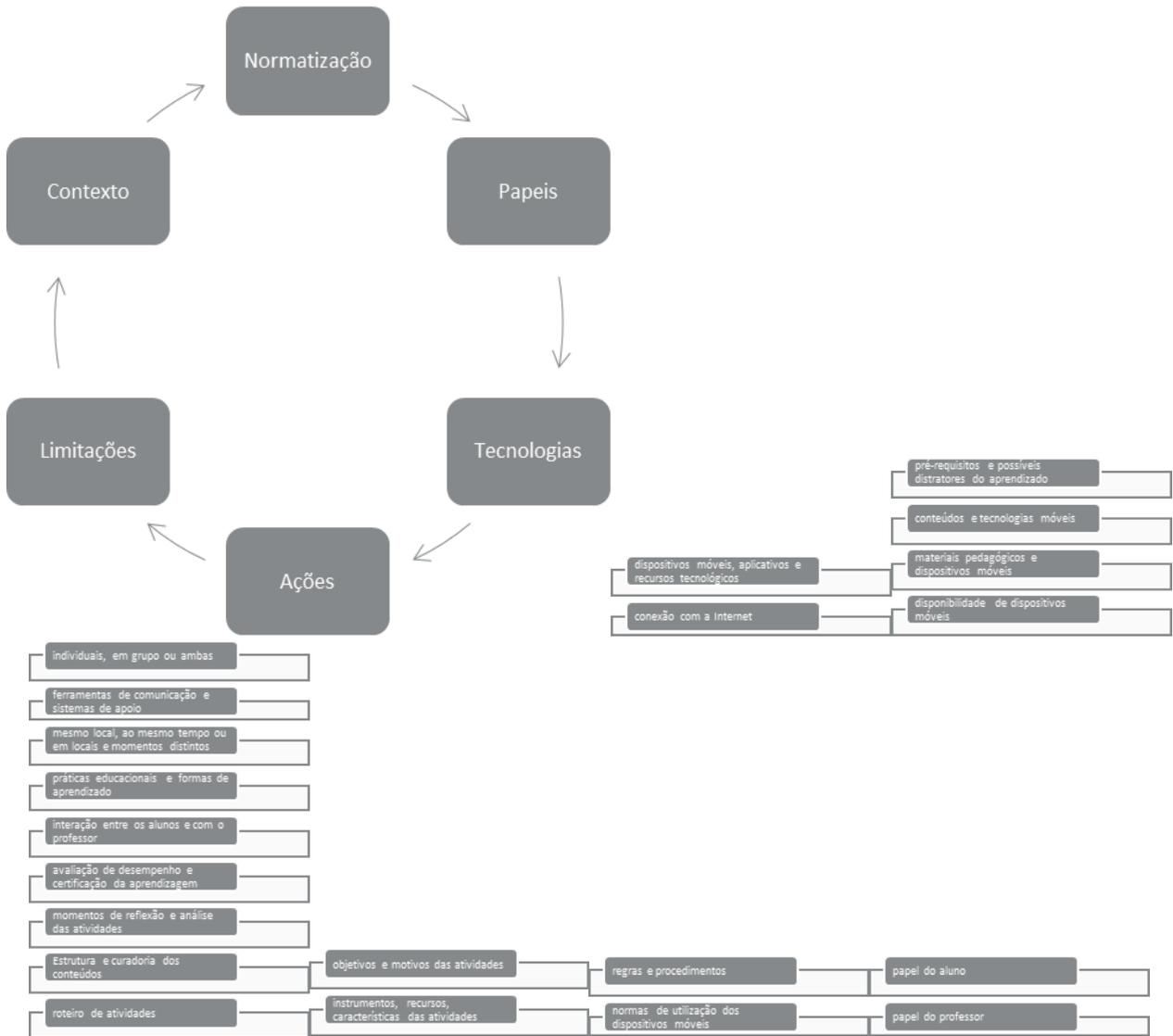
O objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência do modelo ML-SAI como uma abordagem que pode ser usada para melhorar o ensino remoto emergencial na engenharia de produção em tempos da pandemia de COVID-19. O artigo está estruturado da seguinte forma: além desta introdução temos a seção 2 que apresenta a estrutura e estratégias do ML-SAI. Na seção 3 é estabelecido o método, as técnicas e procedimentos metodológicos utilizados. Na seção 4, apresenta-se os resultados encontrados. Por fim, a seção 5 apresenta as considerações finais sobre o presente trabalho.

■ ESTRUTURA E ESTRATÉGIAS DO ML-SAI

O modelo pedagógico ML-SAI fornece sugestões de estratégias a professores e pesquisadores interessados em utilizá-lo, orientando estes no desenvolvimento de atividades de m-learning. A Arquitetura Pedagógica (AP) foi reestruturada, levando em consideração os conceitos da Sala de Aula Invertida, os aspectos relacionados a utilização dos dispositivos móveis e os estudos exploratórios preliminares realizados durante as pesquisas realizadas para sua construção (MARTINS e GOUVEIA, 2020).



Figura 1. Modelo pedagógico ML-SAI



Fonte: Martins e Gouveia (2019a).

A AP foi definida em seis aspectos: contexto, normatização, papeis, tecnologias, ações e limitações, conforme ilustrado na Figura 1. A AP e as estratégias para a Aplicação da AP são detalhadas na Tabela 1.

Tabela 1. Detalhamento do Modelo pedagógico: ML-SAI

Arquitetura Pedagógica (AP)	Estratégias para a Aplicação da AP
Contexto	Definir os objetivos e motivos das atividades e ações proposta, deixando-os claros para todos os envolvidos; Identificar os instrumentos, recursos, características das atividades e ações, dos alunos e do curso;
Normatização	Organizar regras e procedimentos para orientar as ações e interações; Estabelecer normas para utilização dos dispositivos móveis (quando utilizar, qual a finalidade, etc.);
Papeis	Compreender o papel do aluno no processo de aprendizagem, suas motivações, interesses e habilidades; Entender o papel do professor como condutor e facilitador da aprendizagem;
Tecnologias	Definir os dispositivos móveis, aplicativos e recursos tecnológicos que serão utilizados, considerando as características físicas, técnicas e funcionais dos mesmos, tais como: ambiente virtual, Sílabo, Moodle, Facebook, Khan Academy, YouTube, vídeo-aula, músicas, slides, fotografias, áudios, textos, entre outros, estabelecendo prioridade para aplicativos livres e gratuitos; Verificar a necessidade e disponibilidade de conexão com a Internet;
Ações	Especificar se as ações serão individuais, em grupo ou ambas, se estas serão comuns a todos os alunos ou diferenciadas por aluno ou grupo de alunos; Definir ferramentas de comunicação e sistemas de apoio para dar suporte aos alunos em caso de dificuldades; Definir se as ações serão realizadas em um mesmo local, ao mesmo tempo ou em locais e momentos distintos; Estabelecer práticas educacionais favoráveis ao aprendizado (situações problemas, aplicações práticas, colaborativas, autônomas, críticas, em contextos reais, pesquisas), levando em consideração os ambientes de aprendizagem (on-line, salas de aula, laboratórios) de preferência com os dispositivos móveis dos próprios alunos; Incentivar a interação entre os alunos e com o professor, por meio do uso de dispositivos móveis, com foco no desenvolvimento da atividade proposta; Determinar os mecanismos de avaliação de desempenho e certificação da aprendizagem, se individuais ou em equipes, de preferência contínua, e disponibiliza-los para os alunos; Estabelecer momentos de reflexão e análise das atividades realizadas, buscando colaborar na melhoria contínua de novas atividades; Estruturar os conteúdos que serão disponibilizados em ambiente virtual, para que os alunos possam acessá-los por meio de um dispositivo móvel, quando e quantas vezes quiserem, se possível com o acompanhamento das visualizações pelo professor; Realizar uma curadoria dos conteúdos já existentes na Internet, por meio de plataformas como Khan Academy e o YouTube em busca de bons vídeos educativos, ou caso não sejam encontrados, gravar vídeos ou áudios utilizando as ferramentas que existem no próprio dispositivo móvel; Estimular diferentes formas de aprendizado por meio de diferentes fontes de conteúdo, tais como: vídeos, áudios, imagens, textos, slides, questões, entre outras; Elaborar um roteiro de atividades do que será feito dentro da sala de aula, de modo a otimizar o tempo em sala de aula, utilizando projetos, trabalhos ou solução de problemas, que se conectem com o que foi visto previamente na plataforma;
Limitações	Levantar os principais pré-requisitos das atividades e possíveis distratores do aprendizado; Identificar quais conteúdos podem ser melhor trabalhados com tecnologias móveis; Verificar se os materiais pedagógicos podem ser utilizados em dispositivos móveis, considerando tamanho da tela, usabilidade, capacidade de armazenamento e modelos de dispositivos diferentes; Verificar a disponibilidade de dispositivos móveis, tomadas para recarregar as baterias dos celulares, conexão com a Internet, quando necessário, e se os aplicativos apresentam interface adequada a aprendizagem do conteúdo.

Fonte: Martins e Gouveia (2019b).

O modelo pedagógico ML-SAI visa poder se adaptar e colaborar com o desenvolvimento de diversas atividades de m-learning envolvendo diferentes conteúdos e dispositivos móveis, levando em consideração as características específicas dos alunos envolvidos (MARTINS e GOUVEIA, 2020).



■ METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente trabalho pode ser classificado como um estudo de caso e uma pesquisa exploratória, pois proporciona maior familiaridade com o problema, tornando-o explícito, construindo hipóteses, e aprimorando ideias e descobertas (GIL, 1991). Neste experimento foram utilizados os recursos tecnológicos digitais: YouTube, WhatsApp, Edmodo, entre outros, como apoio para as atividades on-line.

Para a coleta de dados, utilizou-se como instrumentos: a observação do pesquisador, a coleta das percepções dos alunos envolvidos, por meio de um questionário eletrônico *on-line* criado no *Google Docs* e pelos registros dos alunos no ambiente virtual *Edmodo* e *Moodle*.

O questionário eletrônico on-line contou com dez perguntas abertas, preenchidas individualmente, sendo elas: Você já utilizou anteriormente o *Smartphone* para estudo de algum tema educacional? Em caso afirmativo, mencione quais e descreva na sua opinião se isso foi significativo em termos educacionais? Você considera que os dispositivos móveis podem colaborar para fins educativos? O uso de diversos recursos tecnológicos no apoio à disciplina contribuiu para a aprendizagem? Os *Smartphones* são recursos importantes para a aprendizagem? A estratégia de disponibilizar materiais diversos referentes ao conteúdo antes da aula contribuíram para o bom andamento da disciplina e para o aprendizado? Diante da atual situação em que estamos vivendo, você considera importante as atividades das aulas não presenciais/remotas? A metodologia utilizada permitiu aos alunos com dificuldade melhor aprendizado? A ajuda dos colegas de turma foi importante para a sua aprendizagem? Tem alguma outra sugestão?

A pesquisa foi realizada de forma anônima, com o objetivo de incentivar os alunos a responder as perguntas. A alternativa “não sei” foi colocada como uma opção possível para evitar respostas forçadas dos alunos.

O modelo pedagógico ML-SAI foi utilizado durante o segundo semestre de 2020, no quarto semestre de estudos de um curso superior de Engenharia de Produção, com a participação de 43 alunos, de uma instituição de ensino do Brasil. Utilizou-se os dispositivos móveis dos próprios alunos e os ambientes de aprendizagens on-line Edmodo e Moodle. O Edmodo apresentou como facilidade a característica de poder ser usado como aplicativo instalado nos smartphones dos alunos, facilitando a sua utilização nestes tipos de dispositivos pelos alunos e professor.

A análise de conteúdo foi aplicada aos dados coletados a partir das perguntas abertas. Cada resposta foi lida mais de uma vez, codificada e foi criada uma tabela de frequência. Os temas foram identificados e, por último, a harmonização de códigos e temas foi examinada. As declarações significativas dos participantes foram incluídas como citações para ilustrar.

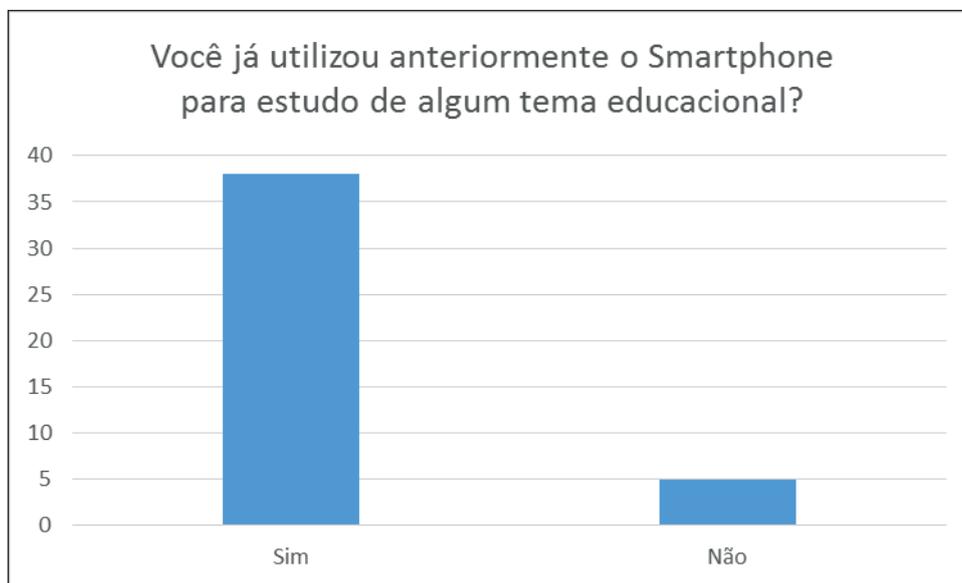




■ ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perguntado aos alunos se eles já tinham utilizado anteriormente o Smartphone para estudos de algum tema educacional? A maioria dos alunos responderam que sim, tendo como exemplo: “Sim, como minha jornada em ônibus é relativamente longa o utilizo para estudos então é uma ferramenta essencial nesses momentos”, “Sim, nas disciplinas da faculdade e por vontade própria e o uso do smartphone foi significativo pois é rápido e portátil ou seja você tem sempre informação com você”, “Sim, o uso do aparelho permite acessar as aulas de qualquer lugar praticamente, contanto que se tenha conexão com a internet”. Conforme apresentado na Figura 1.

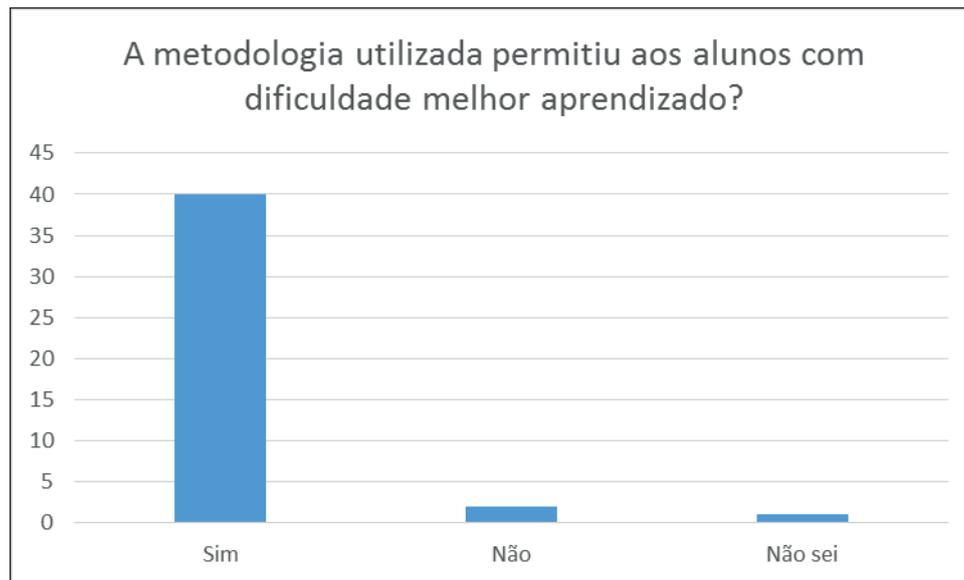
Figura 1. Você já utilizou anteriormente o Smartphone para estudo de algum tema educacional?



Quando perguntados se consideram que os dispositivos móveis podem colaborar para fins educativos? Quase a totalidade responderam que sim. Alguns afirmaram que o uso de diferentes recursos tecnológicos contribuía para o apoio aos estudos. Todos os alunos concordaram que os smartphones são recursos importantes para a aprendizagem atualmente. Demonstraram também que estão muito bem familiarizados com os aparelhos, relatando que consideram estes muito fáceis de utilizar e intuitivos, permitindo acessar com praticidade e agilidade os conteúdos de forma remota. Relataram também que a disponibilização dos materiais diversos referentes ao conteúdo antes das aulas contribuiu para o aprendizado, pois podiam estudar com antecedência e as aulas síncronas ficaram mais produtivas. Afirmaram que apesar das aulas serem todas remotas suas participações foram serias e comprometidas, realizando todas as atividades propostas. Relataram que mesmo on-line sempre tinham a ajuda dos colegas. A maioria aprovou a metodologia adotada, dizendo que permitiu aos alunos um melhor aprendizado. Conforme ilustra a Figura 2.



Figura 2. A metodologia utilizada permitiu aos alunos com dificuldade melhor aprendizado?



Por fim, relataram algumas observações importantes, tais como: “As aulas remotas deveriam ter um maior tempo para as matérias não ficarem tão corridas e melhorar no ensino, e foi uma boa experiência a metodologia ativa”, “A metodologia utilizada foi boa por compartilhar as opiniões gerando assim várias visões sobre certo assunto da tecnologia”, “Tem sido bom estudar em casa e sinto que aprendo mais”, “Legal a proposta, devem melhorar cada vez mais a participação de todos nesse quesito de ensino a distância pois é algo um pouco complicado do que as aulas presenciais”, “O tempo de aula síncrona foi curto devido alguns contra tempos”, “A estratégia adotada, muito boa, é de fácil assimilação e aprendizado”, e “As metodologias utilizadas foram boas”.

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo, cumpriu o objetivo que se propôs, que é avaliar a eficiência do modelo ML-SAI como uma abordagem que pode ser utilizada para melhorar o ensino remoto emergencial na engenharia de produção em tempos da pandemia de COVID-19. Para esse fim, realizou-se um experimento no quarto semestre de estudos de um curso superior de Engenharia de Produção.

Os resultados da avaliação mostraram que a maioria dos alunos apreciou o ML-SAI como abordagem para o treinamento em engenharia de produção. Além disso, o experimento confirmou a utilidade do aprendizado invertido no ensino de engenharia e também provou o impacto positivo desse modelo de ensino no desempenho dos alunos, neste cenário de incertezas, com a pandemia de COVID-19. Para pesquisas futuras pretende-se verificar diferentes aspectos do ML-SAI em outros contextos. Pretende-se também verificar o potencial da abordagem em outras áreas do ensino.



■ REFERÊNCIAS

1. ALVES, Janainne Nunes; FARIA, Bruno Lopes de; LEMOS, Paulo Giovane Aparecido; COSTA, Claudiane Moreira; SILVA, Cléber Silva; OLIVEIRA, Ramony Maria da Silva Reis. Ciências na pandemia: uma proposta pedagógica que envolve interdisciplinaridade e contextualização. **Revista Thema**, p.184-203, 2020.
2. GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Editora Atlas. 1991.
3. MARTINS, Ernane Rosa and GOUVEIA, Luis Manuel Borges. **Ensino de engenharia de produção utilizando o modelo pedagógico ML-SAI**. In: Anais do VIII Simpósio de Engenharia de Produção - SIMEP. UNIVAFIP, 2020.
4. MARTINS, Ernane Rosa and GOUVEIA, Luís Manuel Borges. Evolução da construção de um modelo pedagógico para atividades de M-learning. **Research, Society and Development**, v. 8, p. 1-13. 2019a.
5. MARTINS, Ernane Rosa and GOUVEIA, Luís Manuel Borges. M-Learning e Sala de Aula Invertida: Construção de um Modelo Pedagógico (ML-SAI). In: Solange Aparecida de Souza Monteiro. (Org.). **Inquietações e proposituras na formação docente**. 1ed. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, v. 1, p. 184-192. 2019b.
6. MÉDICI, Mônica Strege; TATTO, Everson Rodrigo and LEÃO, Marcelo Franco. Percepções de estudantes do Ensino Médio das redes pública e privada sobre atividades remotas ofertadas em tempos de pandemia do coronavírus. **Revista Thema**, v. 18, p.136-155, 2020.
7. SILUS, Alan; FONSECA, Angelita Leal de Castro; JESUS, Djanires Lageano Neto de. Desafios do ensino superior brasileiro em tempos de pandemia da COVID-19: repensando a prática docente. **Liinc em Revista**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 2, e5336, p.1-17, 2020.



Monitoramento e controle de temperatura de ar condicionado utilizando microcontroladores arduino – um estudo de caso na Universidade Federal de Goiás (UFG)

| Camila Cumani Pavezzi

| Amanda Falcão Alcântara

RESUMO

O elevado consumo de energia elétrica do sistema de ar condicionado traz uma série de complicações em grandes edifícios do setor público. Nesse sentido, para auxiliar o setor administrativo da universidade, foi desenvolvido um estudo para monitoramento do uso adequado de ar condicionado em salas de aula da Faculdade de Ciência e Tecnologia da UFG, utilizando microcontroladores arduino com notificações em tempo real sobre o status dos equipamentos, através de aplicações de internet das coisas (IoT). Foi elaborado um protótipo de baixo custo que obteve resultados satisfatórios para os ambientes em estudo.

Palavras-chave: Ar Condicionado, Microcontroladores, Arduino, Internet das Coisas.



■ INTRODUÇÃO

A utilização em massa de aparelhos de ar condicionado visando satisfazer o conforto térmico humano é um dos grandes problemas da sociedade moderna, pois acarreta um consumo energético excessivo. Esta necessidade deve-se ao fato de que grande parte das edificações apresentam partidos arquitetônicos e sistemas construtivos que não levam em conta as características da área e do clima, caracterizando um espaço que não satisfaz as necessidades básicas de conforto ambiental e consumo de energia (BALTAR; PEREIRA, 2006).

Considerando a escassez de recursos hídricos e o fato de o custo da energia elétrica estar em constante crescimento, todos os setores que utilizam energia de forma excessiva deveriam adotar medidas para seu uso racional. Um dos setores que consome mais energia elétrica é o setor público, sendo elevado o consumo do sistema de ar condicionado.

Dentro desse contexto, a Faculdade de Ciência e Tecnologia (FCT) da Universidade Federal de Goiás (UFG), campus Aparecida de Goiânia - GO, passa por um momento de racionalização do uso de energia elétrica, devido a rede elétrica não suportar a demanda instantânea de equipamentos instalados, quando utilizados simultaneamente. Um dos principais consumidores de energia elétrica no prédio é o ar condicionado. Com a elevação da temperatura e redução da umidade relativa do ar característicos da época seca do ano, esses equipamentos são usados para assegurar o conforto térmico e o bem-estar das pessoas.

A Pró Reitoria de Administração e Finanças da Universidade (2019) em ofício reforça sobre o uso racional dos aparelhos para evitar um salto no consumo de energia elétrica, sendo assim todos os funcionários foram orientados a utilizar o ar condicionado numa temperatura maior que 21°C, desligando-os após o uso.

Com base nessa necessidade, para auxiliar o setor administrativo a realizar um melhor controle do uso racional do ar condicionado nas salas de aula, foi proposto um projeto para realizar o monitoramento do uso adequado do ar condicionado em salas da Faculdade de Ciência e Tecnologia (FCT) a partir das recomendações dadas sobre a redução de uso consciente pela Pró-Reitoria de Administração e Finanças (PROAD) da Universidade Federal de Goiás (UFG), através de microcontroladores Arduino, com notificações em tempo real sobre o status dos equipamentos em salas de aula e automação para desligá-los quando necessário.





■ REFERENCIAL TEÓRICO

Microcontroladores

O microcontrolador pode ser definido de acordo com Penido e Trindade (2013), como pequeno componente eletrônico que contém processador, memória, periféricos de entrada e de saída, temporizadores, dispositivos de comunicação serial, dentre outros.

Para Zanco (2005), o microcontrolador é uma Unidade Central de Processamento CPU de pequeno porte, cuja finalidade é interpretar as instruções de programa e a partir dessa interpretação executar um conjunto de tarefas denominadas instruções.

Nesse sentido, os microcontroladores dispõem de quase tudo que é necessário para operar sozinho, basta-se interligar as interfaces com o meio e programá-lo com as funções desejadas.

Microcontroladores arduino

Arduino é uma plataforma *open-source*, ou seja, software livre. De acordo com Stevan Junior e Silva (2015), software livre é aquele cujo programa é disponibilizado juntamente com seu código-fonte.

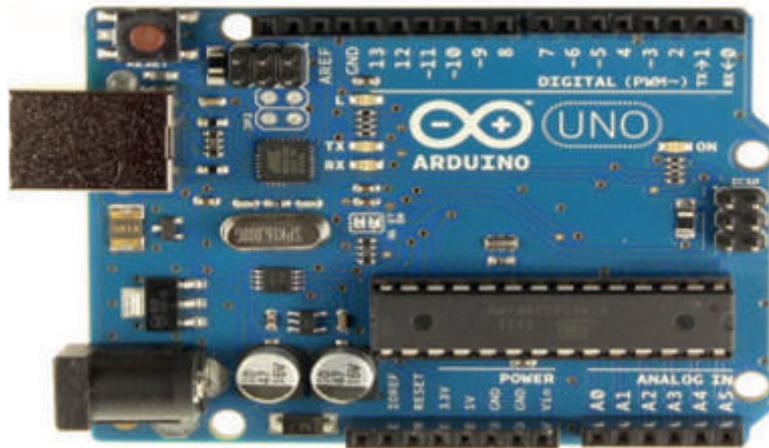
Para Banzi e Shiloh (2015), arduino é uma plataforma de computação física de fonte aberta que permite o desenvolvimento de objetos interativos, independentes ou em colaboração com programas de computadores. Além disso, é considerado uma plataforma barata e acessível.

Nesse sentido, a proposta desse dispositivo é ser acessível, fácil de programar e ter um baixo custo de aquisição.

A plataforma arduino possui diferentes versões, a opção em trabalhar com arduino UNO ocorreu porque com este é possível realizar a leitura de sensores, possibilitando assim a implementação do foco do projeto, que é o monitoramento e controle de temperatura de ar condicionado utilizando microcontroladores arduino. A Figura 1 ilustra um modelo de plataforma de desenvolvimento do arduino, em específico, o arduino UNO.



Figura 1. Placa Arduino UNO.

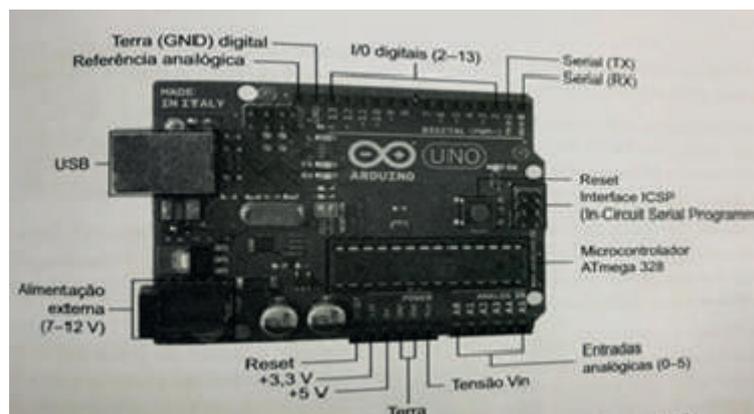


Fonte: <https://www.eletrorodex.com.br/arduino-uno-r3-cabo-usb.html>

O arduino UNO é uma placa de prototipagem eletrônica de *hardware* livre responsável por realizar a leitura e a execução de comandos solicitados pelo usuário. Ela é baseada no microcontrolador ATmega programável através do *software* disponibilizado pelo site do Arduino.cc, com uma linguagem “C” bastante didática. De acordo com Stevan Junior e Silva (2015), essa placa possui “14 pinos de entrada/saída digital, dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM, 6 entradas analógicas, um cristal oscilador (*clock*) de 16 MHz”. Além disso, possui uma conexão USB.

A Figura 2, apresenta as interfaces de comunicação e alimentação do arduino UNO.

Figura 2. Interfaces de comunicação e alimentação do Arduino UNO.



Fonte: (STEVAN JUNIOR; SILVA, 2015).

Apesar de ser um componente pequeno, ele atende perfeitamente os processos requisitados.

Ao utilizar o arduino pode-se citar várias vantagens, uma delas, é a capacidade de controlar dispositivos físicos, receber e tratar dados através de uma interface programável, além de realizar diversas modificações ao longo do desenvolvimento do projeto.



A internet das coisas (IoT)

O conceito de indústria 4.0 foi citado pela primeira vez em 2011, de acordo com Barteyvan (2015), e tem se difundido como uma maneira de explicar a tendência de automação no ambiente das indústrias, com o foco na criação de produtos, processos e procedimentos inteligentes para que máquinas e recursos se comuniquem facilmente.

Os principais pilares da indústria inteligente são: a internet das coisas e serviços (*IoT*), sistemas *cyber*-físicos e *big data*. Esses conceitos possibilitam a chamada “fábrica inteligente”, que se baseia na ideia de um sistema de produção descentralizado, no qual “seres humanos, máquinas e recursos se comunicam entre si de forma tão natural quanto numa rede social” (WINTER, 2013).

De acordo com Sundmaeker *et al.* (2010), a internet das coisas é uma infraestrutura de rede global dinâmica, baseada em protocolos de comunicação onde coisas físicas e virtuais têm identidades, atributos físicos e personalidades virtuais, utilizando interfaces inteligentes e integradas às redes telemáticas. Condry *et al.* (2016) defende que *IoT* proporciona integração dos sistemas de controle e monitoramento para garantir resposta rápida a eventos que requerem manuseio em tempo real.

De acordo com Rufino (2014) em apresentação sobre o software arduino, as “coisas” que podem ser conectadas à internet das coisas compreendem: os computadores, os smartphones, os tablets, os sensores, as roupas, as pessoas e várias outras aplicações. Em termos de automação residencial, destaca-se que é possível ligar e desligar qualquer eletrodoméstico, controlar portas e portões automáticos por meio de sensores, ter um controle centralizado e efetuar o controle pela internet, ou seja, demonstra que para essas aplicações devem ser desenvolvidos softwares que possam ser utilizados para a elaboração de ferramentas que possibilitem o desenho das características necessárias ao produto desenvolvido para o qual uma função específica é possibilitada.

Em relação a aplicabilidade da internet das coisas nas indústrias, serviços ou negócios, pode ser entendido como uma vantagem competitiva uma vez que as informações de contexto podem ser utilizadas para permitir e otimizar a adaptação em tempo real às alterações do ambiente (DOMINGOS *et al.*, 2013).

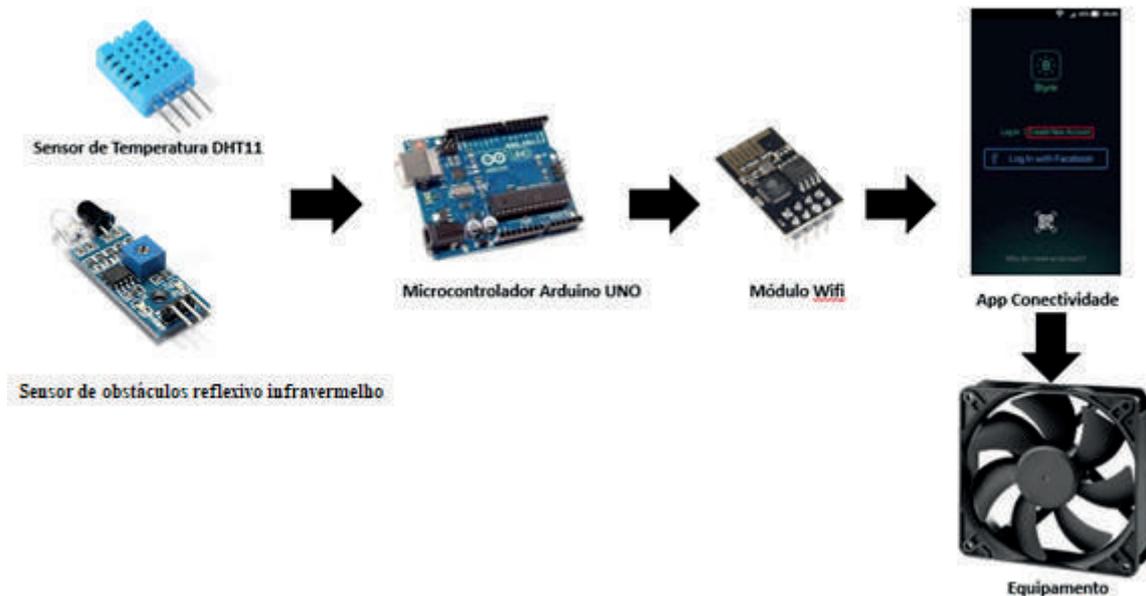


■ PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Materiais e métodos

Para a realização do projeto de controle de temperatura e presença de pessoas nas salas de aula do campus da Faculdade de Tecnologia, foram necessários os seguintes componentes:

Figura 3. Materiais utilizados para projeto de automação.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação aos componentes utilizados, os sensores escolhidos para atuação compreendem o sensor de temperatura do tipo DHT11, que mede temperaturas na faixa de 0 e 50°C, e o sensor de obstáculos reflexivo infravermelho, que possui as mesmas funções de um sensor de movimento, porém mais sensíveis e ideal na detecção de ocupação de locais com baixa movimentação. Foi utilizado como componente principal um microcontrolador arduino UNO conectado a uma *proto-board*. Além disso, usou-se um resistor de 330 ohms; dezesseis fios de conexões; um relé 5V e cabo usb (ligação do arduino ao portátil).

Para a criação do *software*, foi utilizada a plataforma arduino programada com a linguagem de programação C++, por meio do programa arduino IDE. O código elaborado para a ferramenta proposta está exposto no anexo B.

Por último, para configurar a conectividade do sistema, foi utilizado um módulo *wifi* ESP8266 e a configuração atrelada ao aplicativo *blynk*, que consiste em um aplicativo personalizável que permite controlar remotamente um *hardware* programável, bem como reportar dados do *hardware* ao aplicativo. Também foi utilizada uma ventoinha de 12V a ação de ligar/desligar o ar condicionado de acordo com os requisitos descritos a seguir.



Requisitos do sistema

Para atender a necessidade do edifício do campus da Faculdade de Ciência e Tecnologia (FCT) da Universidade Federal de Goiás (UFG), além de proporcionar conforto térmico e diminuição do consumo de energia, foi estabelecido que a temperatura ideal de funcionamento do ar condicionado é acima de 21°C.

A proposta apresentada faz uma combinação entre temperatura da sala de aula e presença ou não de pessoas no ambiente, com monitoramento em tempo real através de um módulo *Wifi* conectado ao arduino e ao aplicativo de celular. Esta configuração estabelece as seguintes condições:

- Caso a temperatura esteja abaixo de 21°C com ou sem presença de pessoas na sala de aula, o sensor de temperatura conectado ao microcontrolador envia comando ao relé para desligar o ar condicionado. Além disso, as informações estão disponíveis em tempo real no aplicativo *blynk*;
- Caso a temperatura esteja acima de 21°C com presença de pessoas na sala de aula, o ar condicionado é mantido ligado;
- Caso o ar condicionado esteja ligado com a temperatura acima de 21°C sem presença de pessoas na sala de aula, o sensor de presença e movimento conectado ao microcontrolador disponibiliza dados em tempo real pelo aplicativo, após dois minutos se a sala continuar sem presença envia um comando para desligar o ar automaticamente. No protótipo o equipamento está sendo representado por uma ventoinha.

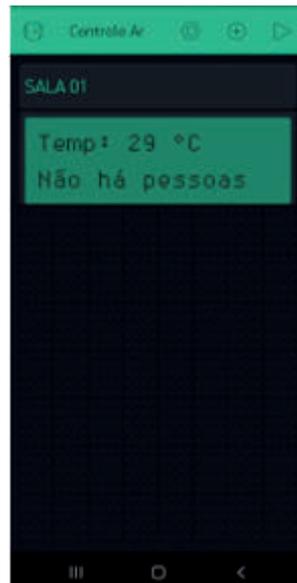
O fluxograma exposto no anexo A estabelece os requisitos completos para funcionamento do sistema.

■ RESULTADOS E DISCUSSÕES

No projeto utilizou-se o *blynk* por proporcionar o reporte dos dados e controle remoto do hardware programável em arduino. A comunicação entre o aplicativo e o *hardware* aconteceu por meio do *blynk server*, onde transmite dados lidos pelos sensores de temperatura e presença/movimento. O *blynk* permitiu o monitoramento remoto da situação da sala em tempo real, sendo que se a sala estiver fora dos padrões determinados o código intervém no funcionamento do ar condicionado, simulado no projeto por uma ventoinha. Na figura 4 representa o *layout* configurado no aplicativo.



Figura 4. Projeto no *blynk* app.



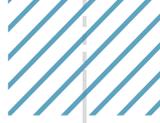
Fonte: Elaborado pelos autores.

A comunicação foi por protocolo HTTP (*Hiper Text Transfer Protocol*) com certificação SSL (*Secure Sockets Layer*), tornou-se o protocolo HTTPS (*Hiper Text Transfer Protocol Secure*), que gera uma comunicação criptografada segura. Para a alimentação do sistema foi utilizado o arduino como fonte de 5V e 3.3V e uma fonte externa de alimentação de 12V para a ventoinha pois não é recomendado forçar os 5V do arduino.

O sensor de temperatura utilizado neste projeto é o DHT11 que pode ser utilizado para medir umidade e/ou temperatura, porém no projeto utilizou-se para medir apenas a temperatura do aparelho de ar-condicionado. O sensor informa sobre a temperatura do ambiente por meio do recebimento dos dados e o arduino gera comando que intervém a fim de manter o ar-condicionado na temperatura recomendada.

Um fator importante na utilização da forma adequada do uso do aparelho de ar-condicionado é a presença de pessoas no ambiente. Assim, para detectar presença e movimento foi utilizado o sensor de obstáculo com sistema reflexivo infravermelho IR, onde um LED emissor IR e um fototransistor IR ficam lado a lado e quando um obstáculo ou objeto atravessa dentro do raio de ação de ambos terá aceso na placa indicando presença de um obstáculo ou objeto. Neste contexto, esse componente eletrônico foi utilizado para checar presença de pessoas durante a utilização do aparelho de ar-condicionado, para isso o dispositivo obtém informações sobre presença e não presença para intervir por meio de comando a fim de manter o ar-condicionado ligado apenas se houver pessoas e estar dentro da temperatura permitida.

O teste eletrônico foi testado apenas na prática e foi constatado o funcionamento ao exercer os comandos programados no arduino. A solução tem a inteligência de monitorar a temperatura e desligar ou ligar o ar condicionado com base nas condições do ambiente e



de presença. Segue na figura 5 o protótipo desenvolvido para a solução do problema com a temperatura dois aparelhos de ar condicionado.

Figura 5. Protótipo para monitoramento de temperatura.



Fonte: Elaborado pelos autores.

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste trabalho verificou-se o quanto a plataforma arduino é uma ferramenta versátil, de fácil manuseio em prol dos propósitos do desenvolvimento do projeto. A plataforma possui baixo custo e possui atributos suficiente para atingir os resultados esperados. Desta forma, acredita-se que os objetivos do trabalho foram alcançados por possibilitar o teste em protótipo da solução proposta.

Recomenda-se ao realizar projetos em casos reais a verificação da capacidade elétrica do relé, pois no protótipo foi utilizado um relé de 5V e 10A, mas isso pode variar de acordo com as especificações técnicas do modelo de ar condicionado, porque em alguns modelos se consome mais energia e pode exigir maior capacidade elétrica do relé. Ao analisar os resultados positivos desse projeto, identificou-se o baixo custo de desenvolvimento da solução, o monitoramento e controle em tempo real através de aplicativo *blynk*. Além disso, a sua aplicabilidade pode se adequar tanto aos segmentos comerciais quanto para o uso doméstico, tendo em vista que a solução desenvolvida permite o monitoramento e controle de inúmeros equipamentos de ar condicionado ao mesmo tempo.





Como proposta para trabalhos futuros, tem-se a alternativa de programar o comando no caso de a temperatura estar abaixo do recomendável e com presença de pessoas no ambiente, possibilitando o adequadamente da temperatura de forma automática para o nível definido ao invés de desligar o equipamento conforme foi desenvolvido nesse projeto.

■ REFERÊNCIAS

1. BALTAR, Marta Garcia.; PEREIRA, Luis Alberto. **Redução da demanda de energia elétrica utilizando parâmetros construtivos visando o conforto térmico**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2006.
2. BANZI, Massimo; SHILOH, Michael. **Primeiros Passos com Arduino: A Plataforma de Prototipagem Eletrônica Open Source**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2015. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=otfECQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA21&dq=Microcontroladores+Arduino&ots=rBVwH4f9ne&sig=LAF0FVPEV1OJGEieFGfm45iicv8#v=onepage&q=Microcontroladores%20Arduino&f=false>>. Acesso em: 02 dez. 2019.
3. BARTEVYAN, Leo. **Industry 4.0, Summary report**. DLG-Expert report 5, 2015.
4. CONDRY, Michael; NELSON, Catherine Blakadar.. **Using Smart Edge IoT Devices for Safer, Rapid Response with Industry IoT Control Operations**. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/JPROC.2015.2513672>.
5. DOMINGOS, Dulce; MARTINS, Francisco; CÂNDIDO, Carlos. **Internet of Things Aware WS-BPEL Business Process**. Proceedings of the 15th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS), 2013.
6. **ELETRODEX** Eletrônica: <<https://www.eletrorex.com.br/arduino-uno-r3-cabo-usb.html>>. Acesso em: 03 dez.2019.
7. OFÍCIO. **Universidade Federal de Goiás** UFG. Disponível em: <<https://www.ufg.br/n/117528-proad-recomenda-que-ar-condicionado-seja-desligado-no-periodo-da-manha>>. Acesso em: 13 jun. 2019.
8. PENIDO, Édilos; TRINDADE, Ronaldo. **Microcontroladores**. Ouro Preto: Rede E-tec Brasil, 2013.
9. RUFINO, Ricardo. **Computação física, plataformas, comunicação, APIs**. Comunicação entre Arduino, Raspberry, Android com OpenDevice. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/RicardoRufino1/tdc2014-internet-das-coisas-arduino-opendevic>>. Acesso em: 15 ago. 2015.
10. STEVAN JUNIOR, Sergio Luiz; SILVA, Rodrigo Adamshuk. **Automação e Instrumentação Industrial com Arduino: Teoria e Projetos**. São Paulo: Saraiva, 2015. 296 p.
11. SUNDMAEKER, Harald; GUILLEMIN, Patrick; FRIESS, Peter; WOELFFLÉ, Sylvie. **Vision and Challenges for Realising the Internet of Things**. Disponível em: <http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IoT_Clusterbook_March_2010.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2015
12. WINTER, Johannes.. **Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0**. Final Report of the Industrie 4.0, Working Group, 2013.
13. ZANCO, Wagner Silva. **Microcontroladores PIC 16F628A/648A: Uma Abordagem Prática e Objetiva**. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2005.



O uso da roteirização na busca pela eficiência logística na distribuição de combustíveis líquidos

| **Carlos Aurélio Valeretto**
UNIMEP

| **Rafaella Loschi Grant**
FATEP

RESUMO

A logística vem sendo utilizada como instrumento que possibilita o desenvolvimento de diferenciais competitivos, pois visa identificar as oportunidades de melhoria dos processos, bem como a redução dos custos das atividades que compõem a cadeia de valor e a maximização dos resultados. A Gestão da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management* – SCM) tem se expandido como um novo modelo gerencial no ambiente empresarial. Tendo em vista toda essa ascensão da SCM as empresas identificaram que as atividades logísticas tinham potencial gerador de vantagens em relação à concorrência. O objetivo principal deste trabalho visa identificar se a implantação da roteirização por uma empresa transportadora atuante na distribuição de combustíveis líquidos possibilitará o aumento da eficiência operacional e redução de custos. Este estudo demonstra as dificuldades encontradas por uma empresa transportadora atuante na região metropolitana de Campinas, quanto ao escoamento dos combustíveis líquidos por volume demandado e distância percorrida. Com a implantação do sistema de roteirização espera-se identificar oportunidades de melhoria para a distribuição, adequando a frota à necessidade de escoamento.

Palavras-chave: Distribuição de Combustíveis, Roteirização, Eficiência Logística.



■ INTRODUÇÃO

A globalização trouxe o acirramento da concorrência e a necessidade de as empresas estabelecerem novas estratégias para garantir sua sobrevivência em um mercado cada vez mais competitivo.

Isso tem exigido das empresas decisões mais rápidas e precisas em relação aos negócios. Neste novo cenário o foco é tornar as empresas mais dinâmicas e menos complexas em relação a processos administrativos e operacionais.

Desta forma a logística ganha destaque, pois desempenha papel fundamental para a sobrevivência das organizações, uma vez que tem como objetivo promover as premissas de disponibilizar o produto certo, no lugar certo, no tempo solicitado, com o menor custo possível por meio da eliminação de atividades que não agregam valor. Entretanto, para que essas premissas sejam atendidas existe a necessidade de um gerenciamento eficaz dos processos operacionais da empresa.

De acordo com Camargo Jr. (2010) este conceito de gerenciar processos é marcado pela necessidade da inclusão de organizações externas à cadeia de suprimentos e a necessidade de gerenciamento do fluxo de materiais e informações advindos da operação conjunta, com foco em uma maior agilidade e um menor tempo de resposta aos desafios internos das empresas.

A gestão da cadeia de suprimentos (GCS) pode se transformar em uma significativa vantagem em relação aos seus concorrentes, em termos de preferência dos clientes, e ser considerado um diferencial competitivo importante em mercados cada vez mais abrangentes.

Dentro da cadeia de suprimentos temos a distribuição de combustíveis que está dividida em três grandes ramificações: as refinarias, as distribuidoras e os transportadores. Para manter essa cadeia em harmonia o gerenciamento logístico é fundamental.

O gerenciamento logístico deve ser realizado de modo a fornecer informações que possibilitem o controle da frota, quanto ao seu deslocamento, desde a coleta dos produtos na base de distribuição até o abastecimento no consumidor final.

Por isso é fundamental o gerenciamento dos pedidos de vendas por região, por meio de agrupamento das entregas. Essa atividade se torna uma facilitadora no planejamento de rotas e, conseqüentemente, ajuda na redução do tempo de entrega.

A roteirização é caracterizada, segundo Ballou (2009), como o processo onde serão definidos os roteiros e itinerários, determinando o melhor caminho, reduzindo as distâncias e o tempo despendido nas rotas e, conseqüentemente, os custos dessa operação.

Nesta mesma linha de raciocínio Camargo Jr. (2010) afirma que a roteirização não pode ser pensada somente nos seus aspectos geográficos e de custos, mas também no sentido temporal, ou seja, devem ser consideradas restrições de horários de atendimento





nos pontos a serem visitados. Entretanto se buscarmos o sentido mais amplo, Cunha (2000) mostra que a roteirização é a otimização da programação operacional da frota.

Desta forma, este trabalho analisou a aplicação prática de roteirização em uma empresa de distribuição de combustíveis líquidos. Visando atender aos requisitos do cliente, (distribuidora de combustíveis) quanto a volume transportado e entregas no prazo.

Problema

A distribuição de combustíveis visa uma estratégia de atendimento a clientes com consumo variados e situados em várias localidades. O sistema de roteirização permite a análise destas variáveis possibilitando a empresa transportadora de combustíveis líquidos, minimizar tempo de entrega e deslocamento para atender aos clientes de maneira mais eficiente.

Objetivos da pesquisa

Diante da dificuldade operacional ao atendimento do cliente, este trabalho tem o objetivo de fornecer alternativas de melhoria na operação de distribuição.

Justificativa

A logística apresenta o seu grande diferencial na racionalização de suas operações e redução de custos dos processos em um mercado cada vez mais competitivo, onde os recursos disponíveis podem ser adquiridos em curto espaço de tempo. Sendo assim, uma melhor utilização dos meios de transporte, baseada em rotas de menor custo e tempo, aparece como solução para as empresas atenderem melhor as necessidades e expectativas dos clientes e consumidores finais. Isso evidencia a necessidade de estudos relacionados à roteirização, em vários setores econômicos, e na distribuição de combustíveis este fato é ainda mais relevante.

Na literatura pesquisada, segundo Cittadin *et al.* (2010), geralmente é apresentado o conceito de roteirização mais ampla e não específica para entrega de cargas perigosas (como é a dos combustíveis). A indústria de combustíveis representa atualmente um importante setor da economia brasileira e trabalha, cada vez mais, sobre critérios competitivos globais.

Metodologia

Com o objetivo de propor um diagnóstico organizacional e plano de ação, este trabalho baseando-se em Leme (2013), busca identificar e investigar o problema de roteirização e distribuição, para atender a todos os clientes da empresa. Desde os que demandam baixo volume a até os maiores consumidores em volume.





Segundo Oliveira (2006), para a execução de um diagnóstico é necessário seguir quatro passos básicos: formular o problema, juntar informações sobre o possível problema, analisar a informação e fazer o diagnóstico organizacional, que permite tomar decisões sobre os resultados alcançados.

Quanto maior o número de dados coletados, maior será o número de informações obtidas e maiores as chances de alcançar um diagnóstico mais profundo e mais completo.

O estudo foi efetuado em uma empresa de distribuição de combustíveis, localizada no município de Paulínia no Estado de São Paulo. Por questão de confidencialidade o nome da empresa será mantido em sigilo.

A metodologia utilizada foi de teor quantitativo, através de pesquisa documental comprobatória e observação. A pesquisa documental foi obtida a partir de fontes secundárias, isto é, registros próprios da empresa: planilha de roteirização atual, fluxos de entrega e distribuição.

A metodologia utilizada foi de teor quantitativo, através de pesquisa documental comprobatória e observação. A pesquisa documental foi obtida a partir de fontes secundárias, isto é, registros próprios da empresa: planilha de roteirização atual, fluxos de entrega e distribuição.

Este artigo caracteriza-se como um estudo de caso, com o intuito de diagnosticar os problemas descritos nos objetivos, por meio de interpretação de revisão da literatura, apresentação e análise, para identificação de alternativas de otimização e melhoria na roteirização da distribuição de combustíveis líquidos.

■ REFERENCIAL TEÓRICO

Gestão da cadeia de suprimentos

São destaque deste capítulo, aspectos fundamentais indispensáveis para a compreensão deste estudo, incluindo a apresentação dos conceitos e benefícios do Gerenciamento da Cadeia de Suprimento, as características da cadeia logística da distribuição de combustíveis no varejo e os conceitos de roteirização.

Conceituação

O conceito de Gerenciamento da Cadeia de Suprimento (Supply Chain Management) – SCM surgiu como uma evolução do conceito de Logística, mas tem sido interpretado de várias maneiras diferentes pelas empresas e acadêmicos.

A gestão da cadeia de suprimentos é composta por uma rede que engloba o fornecedor, manufatura, distribuição e seus clientes, a qual gerencia estrategicamente os fluxos





de bens, serviços, finanças e informações entre seus elos, bem como as relações entre as empresas, objetivando alcançar e apoiar os objetivos organizacionais.

Para Nogueira Neto e Sacomano (2010, p.4) a gestão da cadeia de suprimentos é a coordenação da produção, estoques, localização e transporte entre participantes de uma cadeia de suprimento, de forma a atingir o melhor mix de responsividade e eficiência para o mercado que está sendo servido.

Esses parceiros constituem um conjunto de métodos que são utilizados para uma melhor integração dessa rede, que compõem o transporte, estoques, custos, otimização de tempo, fluxo de informações e sistemas de gerenciamento através da integração dos processos de negócios, desde o consumidor final até o fornecedor primário, sendo a logística parte dos processos da cadeia que liga clientes e fornecedores (LAMBERT, 2006, p.13).

Canais de distribuição do petróleo

Segundo Cotta (2010) os canais de distribuição estruturam a rede de comércio através da qual fluem os produtos manufaturados e caracterizam-se pelo conjunto de entidades que compõem um caminho de acesso dos bens ou serviços aos consumidores.

Com maior rigor, Kotler (2003) define canal de distribuição como o conjunto de organizações interdependentes envolvidas no processo de oferecimento de um produto ou serviço para uso ou consumo de um cliente final ou usuário empresarial.

Intermediários são utilizados em grande parte, devido à maior eficiência provida, quando o serviço de distribuição é executado. Em função da rede de contatos, da especialização e da escala operacional obtida os intermediários promovem ganhos para a indústria, quando comparados com a realização das tarefas diretamente.

A distribuição é feita das bases para os postos e consumidores finais pelo modal rodoviário. Schoenherr (2010) relata que o transporte rodoviário é peça fundamental para a intermodalidade no transporte de petróleo e seus derivados desde os anos 1950.

O transporte de combustível via modal rodoviário é o mais utilizado devido à sua abrangência, podendo chegar aos locais mais remotos.

Segundo Araújo e Gomes (2005), o caráter altamente competitivo e a importância do mercado de combustíveis podem prognosticar a futura diversificação gradativa das operações das distribuidoras, aproveitando, inclusive, os canais de distribuição já montados para a comercialização de outros produtos e serviços. É o caso, por exemplo, das lojas de conveniência localizadas nos postos de combustíveis.





As bases de distribuição

As bases de distribuição de combustíveis são equivalentes a um centro de distribuição de bens de consumo (CD) e podem receber combustíveis e óleos vegetais, sempre visando minimizar os custos.

Para Ribas (2008) cada base é adequada conforme sua demanda e tem como objetivo específico diminuir a distância entre a produção e os centros consumidores. As bases estão equipadas com área de contenção, caixas separadoras, bacias de contenção e sistema contra incêndio. A fiscalização e vistoria são feitas por vários órgãos ambientais, Corpo de Bombeiros, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e ANP.

As bases secundárias recebem os combustíveis das bases primárias (refinarias) através de transferência, que pode ser feita pelos modais rodoviário, hidroviário, ferroviário ou dutoviário.

Segundo Maligo (2005), as bases secundárias têm como finalidade estocar e distribuir os combustíveis para as distribuidoras e transportadoras. A partir desse momento, com estoque em seus tanques ou carregados em Caminhões Tanques (CT), os quais tem capacidade entre 15m³ e 62m³ (15 a 62 mil litros), poderá vender e entregar para pessoas jurídicas que tenham interesse em comprar pequenos ou grandes volumes fracionados ou a granel.

O mercado de combustíveis é dinâmico e exigente, o que obriga as companhias distribuidoras a realizar constantes melhorias e ajustes na gestão logística. A ANP declara que no ano de 2015 a comercialização de combustíveis no país totalizou a quantidade de 648 bilhões de litros.

A Figura 1 apresenta um modelo da cadeia de distribuição de combustíveis, desde o seu refino, passando pela base de distribuição de onde segue por meio de transportadores para os postos de abastecimento e consumidores finais.



Fonte: IBP (2016) – Adaptado pelo autor.

Segundo informações disponibilizadas pelo IBP (2016), atualmente a distribuição está caracterizada pela instalação e operação de depósitos bases de distribuição principal, com o objetivo de garantir o produto ao consumidor.





No atacado, as vendas são efetuadas para grandes revendedores como postos de serviço e a grandes consumidores como, por exemplo, indústrias, frotas de transporte, linhas de navegação e ferrovias, a preços liberados ou tabelados, conforme a região do país. Esta regulamentação é efetuada pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), que é uma autarquia integrante da administração pública federal vinculada ao Ministério de Minas e Energia.

A ANP tem por finalidade promover a regulação, contratação e fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria do petróleo, de acordo com o estabelecido na Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, regulamentada pelo Decreto nº 2.455, de 14 de janeiro de 1998. Dentre suas competências se destacam as atividades relativas às políticas de preço dos derivados e tudo que diz respeito à normatização das características dos derivados colocados no mercado, e ressalta que um sistema de distribuição eficiente é necessário para que se consiga atender as demandas.

Logística

A logística é o desejo de compra e entrega efetiva dos produtos e/ou serviços e, juntamente com a qualidade e o custo, tende a levar qualquer empresa a ter um diferencial competitivo perante os clientes.

Conceituação

Iniciando pela compreensão do que vem a ser logística, Pires (2010, p.14) afirma que ela é “o trabalho requerido para remover e posicionar estoque na extensão de uma cadeia de suprimentos”.

Percebida como um processo, ela agrega valor pelo correto posicionamento dos estoques no espaço e no tempo (CAI *et al.*, 2009). É, também, uma combinação de gestão de pedidos, estoques, transporte, armazenamento, manuseio de materiais e embalagens dispostos em uma rede de utilidades. Embora o propósito da logística permaneça essencialmente o mesmo ao longo de décadas, a forma como é executada tem mudado radicalmente (PIRES, 2009).

Em uma perspectiva genérica, grande parte dos créditos por estas mudanças pode ser associada ao emprego de computadores e dos sistemas que são executados por eles (AGNDAL e NILSSON, 2008).

Corroborando para o entendimento da logística recorreremos aos autores Bowersox e Closs (2010), que afirmam que a logística integra informações e materiais, desde a matéria-prima até o produto acabado, na busca de agregar valor ao produto e gerar satisfação dos clientes. Além disso, a logística integra a produção e o marketing, sendo seu objetivo





fornecer produtos e serviços no lugar onde são necessários, no tempo em que são desejados, com o menor custo possível.

Uma logística bem estruturada oferece uma série de vantagens para as empresas. Inegavelmente, essa é uma ferramenta importante para as estratégias da empresa, pois reflete nos resultados de custos, permite aumentar a quantidade de vendas e oferece diferentes níveis de serviços aos clientes.

Segundo Novaes (2007), é possível conceituar logística adotando a definição do Council of Supply Chain Management, que define a logística como o processo de planejar, implementar e controlar de maneira eficiente o fluxo e a armazenagem de produtos, bem como os serviços e informações associados, cobrindo desde o ponto de origem até o ponto de consumo, como o objetivo de atender aos requisitos do consumidor.

Para Bowersox e Closs (2010), em termos de projeto e gerenciamento de sistemas logísticos, cada empresa deve atingir, simultaneamente, pelo menos seis objetivos diferentes:

- A. Resposta Rápida:** Atendimento breve e cumprimento de prazos pré-estabelecidos;
- B. Variância Mínima:** Cultura do produto/serviço padronizado ou sem variações;
- C. Estoque Mínimo:** Uso de estoques apenas em situações de emergência;
- D. Consolidação Da Movimentação:** Aperfeiçoar os processos e torna-los sólidos e competitivos;
- E. Qualidade:** Preocupação se o produto/serviço atende os parâmetros exigidos e encomendados pelo cliente;
- F. Apoio ao Ciclo de Vida:** Estender o ciclo de vida do produto/serviço.

A vantagem competitiva que a logística adiciona a este contexto resulta da melhora do desempenho das transações relacionadas às atividades de transporte, operações, estoque, informações e atividades especiais, como a logística reversa (SARI, 2008).

Pires (2009) afirma que na logística algumas atividades são consideradas primárias porque, ou elas contribuem com a maior parcela do custo total ou elas são essenciais para a coordenação e o cumprimento da tarefa Logística.

Logística e transporte de combustíveis

Para Leal Jr. (2006) o transporte de combustíveis feito pelas rodovias apresenta grandes riscos de ocorrência de acidentes e contaminações ao meio ambiente. Também nessa perspectiva Lieggio Jr. (2008) pontua que, mesmo com a rigorosa legislação existente para o transporte dos produtos perigosos e as leis que visam proteção do meio ambiente, os acidentes ainda continuam ocorrendo.

A ocorrência de acidentes envolvendo produtos perigosos revela a necessidade do envolvimento das empresas e dos órgãos públicos para o seu enfrentamento. Leal Jr. (2006)





destaca o comprometimento das empresas no transporte de cargas perigosas, pois 60% dessa frota possui menos de cinco anos.

Lieggio Jr. (2008) e Transpetro (2010) salientam que o transporte da produção de produtos petroquímicos das refinarias de petróleo é feito, principalmente, pelo modal rodoviário. Com esse cenário os acidentes e desastres ambientais em rodovias estão no topo das estatísticas, e o estado de São Paulo é o que apresenta o maior índice de sinistros ambientais no país com 53,7% das ocorrências (CETESB, 2009).

Afirma Leal Jr. (2006) que vários fatores, como as péssimas condições das estradas, fatores climáticos, roubos de cargas e a falta de conhecimento sobre os riscos que as cargas perigosas representam, tanto para os motoristas como para os demais veículos que trafegam nas estradas, contribuem para aumentar o número de acidentes.

Outro motivo destacado é a falta de conhecimento, por parte dos usuários das estradas, sobre as placas de identificação que servem para diferenciar os produtos transportados pelos caminhões e orientar quanto ao grau de risco.

Roteirização

A roteirização de veículos consiste em definir rotas para os veículos que minimizem o custo e tempo total de atendimento, cada uma iniciando e terminando no depósito ou na base dos veículos, assegurando que cada ponto seja visitado e que a rota não exceda a capacidade do veículo que a atende.

Contextualização

O sistema de gestão é uma definição ampla em um centro articulador de decisões de diferente amplitude (estratégia, mercados, estrutura, organização do trabalho e tecnologia) e contempla desde a visão de futuro da empresa e seu planejamento estratégico até decisões de caráter operacional.

O uso de novas tecnologias de análise e gerenciamento de informações se mostra uma opção viável do ponto de vista estratégico e econômico da empresa. Na perspectiva do mercado atendido trata-se de analisar o papel da (TI) no atendimento das necessidades dos clientes. Quanto maior a complexidade logística dos clientes, maior a necessidade de aplicações da tecnologia da Informação. (BOWERSOX; CLOSS, 2010).

Atualmente uma ferramenta que ganha destaque nas empresas transportadoras que buscam aumento de eficiência operacional e redução de custos é a roteirização.

Visualizando estas oportunidades de negócio, a transportadora de combustíveis líquidos adota estratégias com o propósito de reduzir custos e assegurar a eficiência no processo de distribuição.





No mundo competitivo a qualidade da prestação de serviços é cada vez mais elevada e, dentro do contexto de transporte, representa um grande desafio de eficiência. Por sua natureza de distribuição espacial, que gera dificuldades de planejamento e controle, a área tem sido relegada a um segundo plano.

Roteirização de veículos, cujo termo equivalente em inglês é routing, segundo Cunha (2000) é utilizado para mencionar o processo de determinação de um ou mais roteiros ou sequências de paradas a serem cumpridos por veículos de uma frota tendo como objetivo visitar um conjunto de pontos geograficamente dispersos, em locais pré-determinados, que necessitam de atendimento.

A roteirização, para Ballou (2009), pode ser definida como o processo logístico que tem por fim buscar a melhoria nos trajetos que um veículo deve percorrer, geralmente com o objetivo de minimizar o tempo ou a distância, um dos mais eficientes meios para reduzir os custos e proporcionar melhorias na prestação dos serviços de forma a reduzir o tempo de transporte e cumprir as metas previstas no processo.

Dentro de uma visão mais restrita, Novaes (2007) conceitua a roteirização como o processo de definição de roteiros, ou itinerários, onde a determinação do melhor caminho é matematicamente exata, objetivando a minimização das distâncias percorridas, do tempo despendido e do custo das operações, onde a metodologia consiste na avaliação de roteamento e na análise da frota. E enfatiza que a roteirização de veículos é uma ferramenta de apoio para a decisão na solução da distribuição de carga, de uma ou mais bases de apoio, para um conjunto de clientes.

Ela tem como principal característica gerenciar essas operações eficientemente, com o propósito de reduzir os custos das operações, minimizar o tempo despendido entre os pontos e assim assegurar as coletas e entregas.

De acordo com o IBP (2016), um fator que compromete a distribuição de combustíveis líquidos quanto ao prazo de entrega são os congestionamentos, comum em grandes centros urbanos. Como observa-se na região Metropolitana de Campinas – RMC.

■ A REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS – RMC

De acordo com a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – SEADE (2016), a Região Metropolitana de Campinas – RMC foi criada pela lei complementar estadual, número 870 datada de 19 de junho de 2000. A RMC é constituída por 20 municípios paulistas. Sendo eles: Artur Nogueira, Engenheiro Coelho, Santo Antonio de Posse, Holambra, Jaguariúna, Pedreira, Valinhos, Vinhedo, Itatiba, Morungaba, Paulínia, Cosmópolis, Campinas, Indaiatuba, Americana, Nova Odessa, Sumaré, Hortolândia, Monte Mor e Santa Bárbara d' Oeste.





A região é uma das mais dinâmicas no cenário econômico brasileiro e representa 1,8% do PIB (produto interno bruto) nacional e 7,81% do PIB paulista, concentrando 105,3 bilhões de reais, para uma população de 3.132.000 habitantes, representando uma renda per capita superior a R\$ 33.620,00. Sendo superior à média estadual e nacional, fato que contribui para que o Índice de Desenvolvimento Humano na região ser o melhor entre as regiões metropolitanas do Brasil.

Ainda de acordo com o SEADE (2016), a região metropolitana de Campinas vem consolidando em uma importante posição econômica nos níveis estadual e nacional. Pois comporta um parque industrial abrangente, diversificado e composto por segmentos de natureza complementar. Possui uma estrutura agrícola e agroindustrial bastante significativa e desempenha atividades terciárias de expressiva especialização.

Destaca-se ainda pela presença de centros inovadores no campo das pesquisas científica e tecnológica, bem como do Aeroporto de Viracopos – o segundo maior terminal aéreo de cargas do País, localizado no município de Campinas. A RMC concentra o Polo Têxtil nacional, sendo responsável por 85% da produção de tecidos no país, e conta com a REPLAN, maior refinaria da Petrobras em produção de combustíveis líquidos.

A Refinaria de Paulínia (REPLAN) é localizada na cidade de Paulínia/SP, em uma localização estratégica rodeada por rodovias com boa ou excelente pavimentação o que facilita o escoamento da produção por modal rodoviário.

A Replan tem capacidade de processamento de 66 mil m³/dia de petróleo, o equivalente a 415 mil barris. Sua produção corresponde a 20% de todo o refino de petróleo no Brasil, processando 80% de petróleo nacional. A refinaria produz diversos produtos, como aguarrás, asfalto, coque, querosene e principalmente combustíveis fósseis (gasolina e diesel).

Devido ao crescimento contínuo do mercado nacional de combustíveis líquidos nos anos de 2000 a 2013, houve neste período forte investimento em novas tecnologias, o que possibilitou aumento da produção, e a introdução de novos produtos menos poluentes. O diesel S10 (com 10 PPM - partes por milhão - de enxofre) foi o marco deste processo, vindo de encontro com a perspectiva ambiental adotada pela empresa (PETROBRAS, 2016).

Ainda de acordo com a Petrobras (2016), a Replan escoar sua produção para diversos pontos do País, abastecendo as regiões Centro-Oeste, nos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Distrito Federal. Na região Norte, atendendo os Estados de Rondônia, Acre e Tocantins. E na Região Sudeste onde concentra 55% de seu mercado atendendo todo o Estado de São Paulo e o triângulo Mineiro. Destaca-se o abastecimento de toda a Região Metropolitana de Campinas e demais cidades próximas à Refinaria, o sistema de distribuição por meio de caminhões tanque.





Consumo de combustíveis na RMC

Dados da Secretária de Energia do Estado de São Paulo (2016) relatam que o consumo de combustíveis na região metropolitana de Campinas compreende 8% de todo o volume nacional. Este montante representou no ano de 2015, um volume comercializado nos municípios da região superior a 52 bilhões de litros.

Para atender esse volume o processo de distribuição, se inicia com a coleta dos combustíveis líquidos no pool de distribuição localizada na Replan na cidade de Paulínia/SP, e termina com a entrega dos combustíveis líquidos nos postos da rede de abastecimento situados na RMC.

Segundo a ANP, em junho de 2016, do total de 944 postos de combustíveis instalados na RMC, a distribuidora “Y” atende com exclusividade 193 estabelecimentos. Ou seja, 20,44% do total de postos da região, o que corresponde ao volume de 14,22 bilhões de litros de combustíveis somente no ano de 2015.

Ainda segundo a ANP, devido à crise econômica e política que o país atravessa nos últimos anos (2014, 2015 e 2016), nota-se uma retração no mercado de combustíveis na região de 5,03%. Para atender a demanda de escoamento a distribuidora “Y”, mantém contrato com quatro empresas transportadoras. E dentre estas, a transportadora “X” objeto da presente pesquisa.

ESTUDO DE CASO: EMPRESA TRANSPORTADORA DE COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS.

É oportuno ressaltar que as informações aqui disponibilizadas, foram fornecidas por um dos diretores da empresa, que solicitou que seu nome assim como o nome da empresa e seu cliente, fosse mantido em sigilo.

A transportadora “X” pertence a um grupo empresarial atuante no transporte e distribuição de combustíveis líquidos, que é composto por unidades, espalhadas pelas regiões Sudeste, e na Região Centro-Oeste do país.

A unidade localizada em Paulínia/SP é entre todas as unidades do grupo a que apresenta maior faturamento, e volume transportado, e por essa razão esta filial, será utilizado no presente estudo de caso.

A empresa transportadora utiliza-se de uma frota que desde o final de dezembro de 2013, se mantém inalterada, (embora observa-se a substituição de veículos), sendo composta de 102 equipamentos, sendo eles:

21 Caminhões-tanque: (Com capacidade de 15 a 22 mil litros).

57 Bitrem: (Com capacidade de 38 a 44 mil litros).



24 Super Bitrem: (Com capacidade de 62 mil litros).

Com o intuito de aumentar sua participação no transporte de combustíveis líquidos, a transportadora “X”, investiu no ano de 2013, em um sistema de roteirização integrando as cidades da RMC atendidas por seu principal cliente (distribuidora “Y”). A cidade de Artur Nogueira, não possui postos revendedores atendidos pela distribuidora “Y”.

Assim, a empresa transportadora “X” definiu um rotograma subdividindo as dezenove cidades restantes que compõem a região metropolitana de campinas em quatro áreas de atendimento, denominadas de A1, A2, A3 e A4.

Sendo estas compostas respectivamente pelas cidades:

A1: Engenheiro Coelho, Santo Antonio de Posse, Holambra, Jaguariúna e Pedreira.

A2: Valinhos, Vinhedo, Itatiba e Morungaba.

A3: Paulínia, Cosmópolis, Campinas e Indaiatuba.

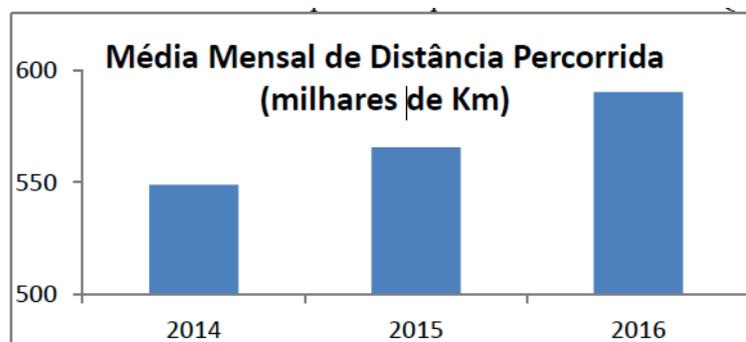
A4: Americana, Nova Odessa, Sumaré, Hortolândia, Monte Mor e Santa Bárbara d’ Oeste.

Por se tratar de uma operação de prestação de serviço, os rendimentos da transportadora são proporcionais à quantidade de entregas realizadas e a distância total percorrida no período por volume transportado.

Assim sendo para verificar se a adoção da roteirização por esta transportadora resultou em melhorias serão avaliados os indicadores de volume médio mensal transportado, após a implantação da roteirização. O período compreendido de análise será restrito aos meses de janeiro de 2014 a junho de 2016.

Levantamento realizado no banco de dados da empresa indica uma evolução na distância percorrida pela frota da empresa, sendo observado que a distância mensal média percorrida no ano de 2014 foi de 548.841 km, em 2015 foi de 565.602 km e nos seis primeiros meses de 2016 foi de 590.274 km. Representando uma evolução de 7,54%. Como pode ser observado na figura 2.

Figura 02. Distância média mensal percorrida pela frota em milhares de Quilômetros.



Fonte: Empresa Transportadora “X” – Adaptado pelo autor.

Outro fato que pode ser observado em análise documental no banco de dados da empresa que em períodos anteriores ao ano de 2014, que em um mesmo dia a transportadora



realiza mais de uma visita ao mesmo cliente o que elevava seus custos. Fato este que foi reduzido em mais de 90%, após a implantação da roteirização.

A seguir temos a representação dos custos de uma viagem de Paulínia a Itatiba que a distância de deslocamento no percurso de ida e volta é de 124 km. O veículo utilizado é modelo bitrem com capacidade de 45.000 litros. Figura 3.

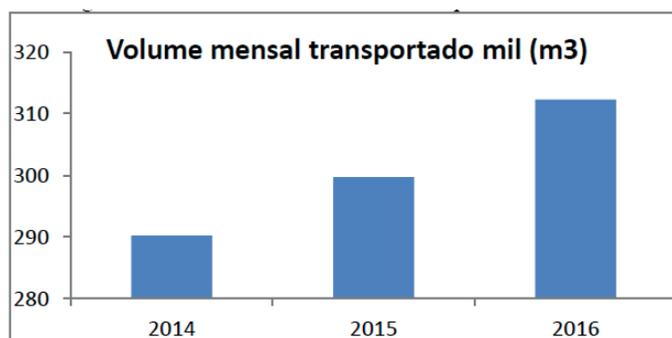
Figura 03. Custos de viagem Paulínia X Itatiba com equipamento: Bitrem 42.000 litros.

Itém	R\$
Óleo diesel	173,60
Pedágio	41,60
Pneu	64,14
Manutenção	34,25
Depreciação Equipamento	23,30
Documentação / Licenças	25,50
Seguro e Tastreamento	54,38
Mão de Obra	121,86
Outras Despesas	8,57
Total	547,20

Fonte: Empresa Transportadora "X" – Adaptado pelo autor.

O volume de escoamento registrou aumento significativo no volume médio mensal transportado em metros cúbicos. No ano de 2014 o volume médio mensal transportado foi de 290.23, em 2015 foi de 299.71, e nos seis primeiros meses de 2016 foi de 312.27. Representando um aumento de 7,6% na efetividade do uso do equipamento. Como pode ser observado na figura 4.

Figura 04. Média de volume mensal transportado em mil m3.



Fonte: Empresa Transportadora "X" – Adaptado pelo autor.

Nos anos de 2014, 2015, 2016 e no primeiro semestre de 2017, dentre as quatro transportadoras que prestam serviço à distribuidora "Y", a transportadora "X", foi que apresentou maior evolução no período. Comprovando que o benefício da implantação da roteirização é evidente.





■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho evidenciou que a roteirização, é uma ferramenta eficaz, proporcionando a melhoria na eficiência operacional, de uma transportadora de combustíveis líquidos. Observa-se que a adoção da roteirização nas entregas possibilitou a empresa transportadora expandir seus negócios e aumentar a sua participação junto à distribuidora “Y”.

A distância percorrida e o volume transportado apresentam ganhos de 7,54% e 7,6% respectivamente. O resultado ainda é mais expressivo se considerarmos que neste período, o país atravessa uma crise política e econômica, e que a retração no mercado de combustíveis nos anos de 2015 e 2016 na RMC, superam 5%.

A implantação da roteirização possibilitou a adequação das atividades de modo a reduzir custos sem comprometer o atendimento ao cliente. E auxiliou na economia da empresa, evitando viagens desnecessárias.

■ REFERÊNCIAS

1. AGNDAL, Henrik; NILSSON, Ulf . Supply chain decision-making supported by an open books policy. **Int. J. Production Economics**, Elsevier, v.116, p.154-167, 2008.
2. ANP. Disponível em: <http://www.anp.gov.br> . Acesso em: 16.09.2016.
3. ARAÚJO, E. R. ; GOMES, L. F. A. M. **Fatores críticos de sucesso no setor de distribuição de combustíveis**: a percepção das empresas distribuidoras. Rio de Janeiro, 38 (5): 729-749, set . /out . 2005.
4. BALLOU, R. H. **Logística empresarial**: transporte, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 2009.
5. _____. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/ logística empresarial** . 5 ed (reimpressão). São Paulo: Bookman, 2010.
6. BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística empresarial, o processo de integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Atlas, 2010.
7. CAI, J., LIU X., XIAO Z., LIU J. Improving supply chain performance management: a systematic approach to analyzing iterative KPI accomplishment. **Decision Support Systems**, 2009, v. 46, p.512-521.
8. CAMARGO JR., João B. de. **Sistematização de projetos de implementação de outsourcing de processos logísticos**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Administração de Empresas, Universidade Metodista de Piracicaba. Piracicaba, 2010.
9. CETESB. **Relatório 2011**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia>. Acesso em: 15/08/2011.





10. CITTADIN, A.; ZILLI, G.; SORATTO, K. A. D. L. Proposta de reestruturação e gerenciamento logístico das atividades que compõem a cadeia de valor de uma empresa do segmento de transportador revendedor retalhista (TRR). **Revista de Contabilidade do Mestrado em Ciências Contábeis da UERJ**. Rio de Janeiro, v.15, n.3, p.2-18, set. /dez., 2010.
11. COTTA, C. E. G.; DALTO, E. J. Aliança estratégica no canal de marketing: o caso ALE Combustíveis S.A. **Produção**, v.20, n.2, abr. / jun. 2010, p.160-171.
12. CUNHA, C. B. Aspectos práticos da aplicação de modelos de roteirização de veículos a problemas reais. **Transportes**, v.8, n.2, p.51-74. Rio de Janeiro, 2000.
13. IBP. Disponível em: <http://www.ibp.org.br/> Acesso em: 16.09.2016.
14. KOTLER, P. **Princípios de marketing**. 9.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.
15. LAMBERT, Douglas M. **Supply chain management: processes, partnerships, performance**. 2 ed. Sarasota: Supply Chain Management Institute, 2006.
16. LEAL JR., I. C. **Métodos de Escolha Modal para Transporte de Produtos Perigosos com Base em Medidas de Coeficiência**. Tese (Doutorado). Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de engenharia – UFRJ. Rio de Janeiro, 2010.
17. _____. C. O transporte rodoviário de produtos perigosos e os seus impactos no meio ambiente. **XII SIMPEP**. Bauru, 6 a 08-11-2006.
18. LEME, Sueli Mançanares. **Diretrizes metodológicas para elaboração e apresentação gráfica do trabalho final de conclusão para o Mestrado Profissional em Administração da UNIMEP**. Piracicaba: UNIMEP, 2013.
19. LIEGGIO JR., M. **Transporte rodoviário de produtos perigosos: proposta de metodologia para escolha de empresas de transporte com enfoque em gerenciamento de riscos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Transportes). Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. Brasília, 2008.
20. MALIGO, C. **Modelo para simulação da operação de carregamento de caminhões-tanque em uma base de distribuição de combustíveis automotivos**. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2005.
21. NOGEIRA NETO, M. S.; SACOMANO, J. B. O fluxo de informações em cadeia de suprimentos: prospecção em dois grupos de empresas. **Revista de Administração da UNIMEP**, v.8, n.1. Piracicaba, 2010.
22. NOVAES, Antônio G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**. 10ª Reimpressão. Rio de Janeiro, 2007.
23. OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Planejamento estratégico: conceitos, metodologias e práticas**. 16 ed. São Paulo: Atlas, 2006. 87 p. PETROBRAS: Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/> Acesso em 16.09.2016.
24. PIRES, Sílvio R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos (Supply Chain Management): conceitos, estratégias, práticas e casos**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.
25. RIBAS, Gabriela. **Modelo de programação estocástica para o planejamento estratégico da cadeia integrada de petróleo**. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2008.





26. SEADE. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/> Acesso em 16.09.2016.
27. SECRETÁRIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <http://www.energia.sp.gov.br/> Acesso em 16.09.2016.
28. SCHOENHERR, T. Outsourcing decisions in global supply chains: an exploratory multi-country survey. **International Journal of Production Research**, 2010.
29. TRANSPETRO, 2016. **Informações gerais sobre a empresa.** Disponível em: <http://www.transpetro.com.br>. Acesso em: 15.09.2016



Percepções dos estudantes sobre atividades remotas emergenciais ofertadas em tempos de pandemia de corona vírus em um curso de Engenharia de Produção

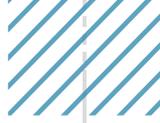
| **Ernane Rosa Martins**
IFG

| **Luís Manuel Borges Gouveia**
UFP

RESUMO

Com a pandemia de COVID-19 e sem previsão de retorno das aulas presenciais, a educação foi obrigada a se adequar ao ensino a distância. Em meio a esse cenário este trabalho de pesquisa tem como objetivo investigar e refletir, através de um estudo de caso, como estão as atividades remotas emergenciais ofertadas no ensino de engenharia de produção em um curso superior do Estado de Goiás, em tempos da pandemia de COVID-19, e seus impactos na educação. Os resultados demonstraram que o uso das tecnologias digitais e suas práticas no curso apresentou saldo positivo, com uma releitura das experiências vivenciadas em um momento muito complicado, que é a pandemia de COVID-19, demonstrando a capacidade e compromisso dos professores e alunos com o ensino.

Palavras-chave: Pandemia, Covid-19, Ensino, Educação, Engenharia.



■ INTRODUÇÃO

Mediante o contexto adverso e inesperado com a total suspensão da presença física dos indivíduos nos espaços formais de educação, causado pela pandemia de COVID-19, o ensino remoto emergencial tornou-se a única alternativa possível para viabilizar o ensino.

Mesmo este não tendo nenhuma experiência prévia ou aparato teórico consolidado na literatura da área de Educação para implementá-lo abruptamente, assim, a solução natural foi recorrer à mediação pedagógica através de dispositivos digitais de forma emergencial (NONATO; SALES e CAVALCANTE, 2021).

Dentro desta nova realidade em que nos encontramos, temos uma situação totalmente nova de aprendizado, pois não temos a disposição mais a sala de aula tradicional, e o modelo remoto mediado por tecnologias é a única opção existente, o qual nunca foi testado e simplesmente não temos nenhum precedente de utilização (ALVES; FARIA; LEMOS; COSTA; SILVA e OLIVEIRA, 2020).

Para esta transição, os professores tiveram que adaptar e criar estratégias específicas para responder às novas exigências impostas (NOBRE; MOURAZ; GOULÃO; HENRIQUES; BARROS; MOREIRA, 2021).

Nesse contexto, o recurso ao digital foi utilizado como única alternativa plausível para a situação emergencial apresentada, o que não muda o fato de que os efeitos do digital não são os mesmos do presencial, porque a percepção da energia pessoal, da força interna de cada um, de seu elo próprio, os aparelhos digitais não conseguem capturar (MARCONDES FILHO, 2013, p. 33).

É preciso deixar bem claro que as circunstâncias exigiram respostas rápidas, com pouco tempo para preparar e promover nos docentes, habilidades para exercer práticas de tutoria, estes tiveram que aprender rapidamente a utilizar ferramentas como *Google Meet*, *Google Agenda*, *GMail*, *Google Drive*, *Google Docs*, *Google Forms*, dentre outros.

Assim como, o uso de aplicativos de comunicação de mensagens instantâneas, gratuitos e ilimitados, como o WhatsApp e similares, estes foram utilizados para resolver muitos problemas de comunicação, tais como: criar grupos para tirar dúvidas, repassar informações ou avisos, principalmente pelo fato da maioria dos alunos terem smartphones e estarem familiarizados com os mesmos (FERET e JOUCOSKI, 2021).

Um dos grandes desafios da proposta de ofertar educação através dos meios tecnológicos, tem como principal obstáculo a falta de preparo e capacitação dos professores no manuseio de suportes tecnológicos (ROSA, 2020).

Assim, a pandemia de corona vírus obrigou de forma inesperada, que os docentes passassem a ajustar seus planos de aulas com foco em novas estratégias, adaptando e





adequando o ensino presencial a está nova realidade do ensino emergencial a distância (MIRANDA *et. al.*, 2020).

Os alunos das aulas presenciais, geralmente não estão acostumados com aulas e atividades on- line, e acabam realizando as atividades extraclasse de forma inadequadas, não assistindo aos vídeos da mesma maneira que fariam se estivessem em uma sala de aula tradicional, muitos alunos não estão preparados para ser autodidata, e aprender sozinho (MARTINS; GOUVEIA; AFONSECA e GERALDES, 2019).

A utilização de aplicativos com fins pedagógicos para a mediação, supervisão e orientação do professor é de extrema importância, principalmente para garantir o rendimento dos alunos e não desviar dos objetivos propostos (MARTINS e GOUVEIA, 2018).

Assim, o presente trabalho de pesquisa tem como objetivo investigar e refletir, através de um estudo de caso, como estão as atividades remotas emergenciais ofertadas no ensino de engenharia de produção em um curso superior do Estado de Goiás, em tempos da pandemia de COVID-19, e seus impactos na educação.

O texto está estruturado em quatro seções: na primeira apresentamos uma introdução que contextualiza a educação em tempos de pandemia devido ao COVID-19. Na segunda seção apresentaremos a metodologia adotada, na terceira seção apresentaremos e discutiremos os resultados e por fim, na quarta e última seção traçaremos algumas considerações finais deste estudo.

■ METODOLOGIA DA PESQUISA

Este trabalho pode ser classificado como um estudo exploratório realizado com 40 estudantes de engenharia de produção do quarto período em um curso superior do Estado de Goiás, em tempos da pandemia de COVID-19.

Segundo Gil (2010), o estudo exploratório se caracteriza por proporcionar uma maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito, permitindo a construção de hipóteses e o aprimoramento de ideias.

Assim, buscou-se neste trabalho ouvir e tabular as respostas dos estudantes sobre suas experiências no novo modelo de aula remotas emergenciais.

A metodologia desta pesquisa inicia-se por levantamentos de dados coletados a partir de referencial teórico, em artigos científicos.

Depois foi realizada a coleta de informações para averiguar como está sendo a utilização do modelo de aula proposto, por meio de um questionário eletrônico junto aos alunos. O formulário utilizado foi criado no *Google Docs*, e contou com 14 perguntas abertas, preenchidas individualmente, sendo elas: Diante da atual situação em que estamos vivendo, você considera importante as atividades das aulas não presenciais/remotas? De que forma





Você considera a quantidade de atividades enviadas pelo professores? Quais são as principais dificuldades das atividades não presenciais? Falando sobre as atividades realizadas virtualmente, como tem sido seu contato com o professor? Você tem acesso à internet de qualidade e/ou acesso a computador ou celular? Você acredita que este modelo não presencial é suficiente para a aprendizagem? Como você considerara a experiência de trabalhar com o ensino remoto? Você acredita que todas as disciplinas e conteúdos podem ser ofertadas online? Você considerara que os estudantes estão motivados para fazer atividades escolares em casa? Sobre o retorno das atividades escolares presenciais, você é favorável a uma readequação nos modelos pedagógicos e à continuidade do ensino on-line junto com o ensino presencial? O que poderia ser feito para melhorar? Você acredita que todas as disciplinas e conteúdos podem ser ofertadas *on-line*? Os professores estão preparados para ensinar de forma remota? Quais são os principais entraves para estudar em casa?

E por fim, tabulou-se os dados obtidos no estudo qualitativo, utilizando a estatística descritiva das respostas e apresentou-os, sendo alguns deles apresentados por meio de gráficos. Cada resposta foi lida mais de uma vez, codificada e foi criada uma tabela de frequência. Os temas foram identificados e, por último, a harmonização de códigos e temas foi examinada. As declarações significativas dos participantes foram incluídas como citações para ilustrar.

■ ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante da atual situação em que estamos vivendo, 100% dos estudantes considerou importante a atividade não presencial/remota. Por exemplo: “Com certeza, não podemos ficar parados”, “Sim, muito importante assim não ficamos sem aula”, e “Considero, desde que sejam feitas de maneira adequada”.

Relataram que as quantidades de atividades enviadas pelos professores foram adequadas, com prazos também adequados, apesar da quantidade de disciplinas. Alguns relataram: “Um pouco por falta de tempo mesmo”, “muitas atividades de disciplinas diferentes”, “meus horários foram reajustados, entrando mais tarde e saindo mais tarde do trabalho, comprometendo na presença da aula síncrona”.

Sobre quais são as principais dificuldades das atividades não presenciais, relataram que: “A internet com oscilações em determinados dias”, “As falhas de conexão com a internet”, “Ter foco, conteúdo não é suficiente”, “Contra tempos como queda de conexão”, “Alunos que tem dúvida, podem ter dificuldade de saná-las”, “O tempo da aula síncrona ser muito curto”, “Compreensão dos professores”, e “Em alguns casos encontrar conteúdos para estudo e em outros a agilidade dos professores em postar o conteúdo. Visto que em alguns casos os professores demoraram a postar materiais de estudo e atividades, reduzindo o tempo útil

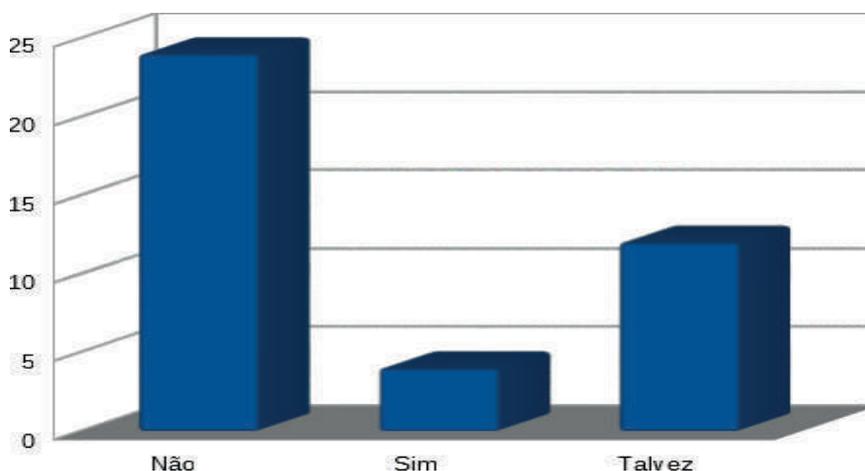




de execução das mesmas”, “No começo o problema foi minha internet, mas já resolvi esse problema”, e “Disciplina dos alunos”.

Mas a grande maioria, respondeu que não tem encontrado dificuldades para realizar as atividades propostas. Conforme apresentado na figura 1.

Figura 1. Você tem encontrado dificuldades para realizar as atividades?



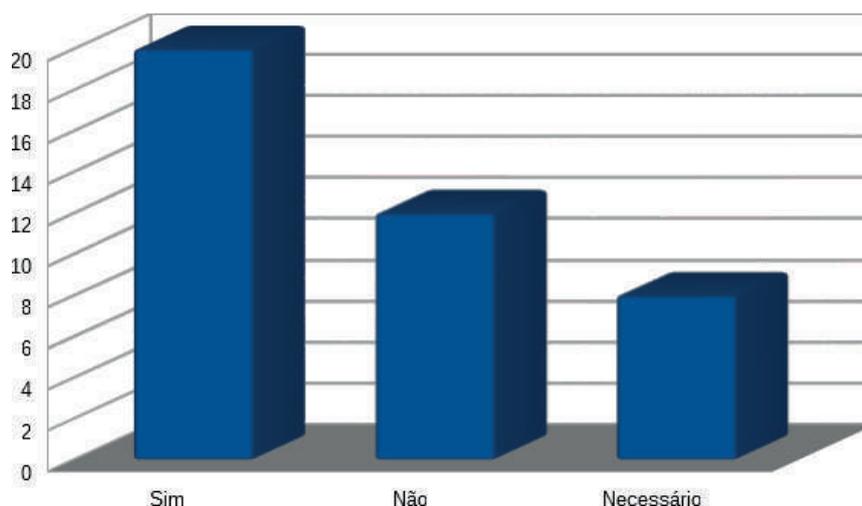
Fonte: Própria dos autores.

Sobre as atividades realizadas virtualmente, relataram que o contato com o professor foi Bem satisfatório, realizado com reuniões semanais e tendo a oportunidade de discutir sobre o tema proposto. Além da utilização de e-mails, grupos do WhatsApp, Moodle e redes sociais. Alguns relataram que poderia melhorar, se alguns professores dessem mais atenção aos alunos e não deixassem de dar os feedbacks.

Como sugestão um aluno solicitou: “Ao invés de trabalhos escritos ou provas, seria ideal a realização de atividades práticas, na minha visão, funciona melhor para o aprendizado à distância. Pois, ou o aluno faz ou não faz, sem meio termo”. Todos responderam ainda ter acesso a internet de alguma forma. Em relação a percepção dos alunos sobre se este modelo não presencial adotado é suficiente para a aprendizagem, a maioria respondeu que sim, o restante se dividiu entre não, e não porém é necessário. Conforme ilustra a figura 2.



Figura 2. Você acredita que este modelo não presencial é suficiente para a aprendizagem?



Fonte: Própria dos autores.

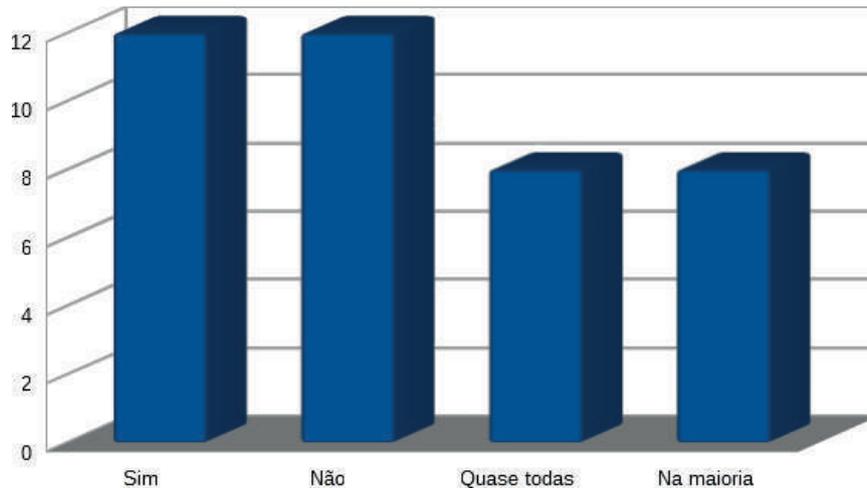
Em relação a experiência de trabalhar com o ensino remoto, responderam: “Boa”, “Muito boa”, “Nova”, “Ótima”, “Satisfatório”, “Um pouco de dificuldade”, “Excelente”, “Está sendo muito boa com bastante aprendizado e adaptação. Aprendendo em muitos casos como lidar com os problemas sozinhos, assim como na maioria dos empregos”, e “Uma experiência diferente”. Sobre acreditar que todas as disciplinas e conteúdos podem ser ofertadas online, os alunos ficaram muito divididos. O mesmo acontece sobre se consideram que os estudantes estão motivados para fazer atividades escolares em casa.

Sobre o retorno das atividades escolares presenciais, você é favorável a uma readequação nos modelos pedagógicos com a continuidade do ensino on-line junto com o ensino presencial, algumas das respostas foram: “Uma readequação seria uma boa, mas quando boa parte da população já estivesse vacinada”, “Sou muito favorável”, “Concordo com somente presencial”, “Sim apoio o ensino online”, e “Sim, acredito que o ensino a distância junto com o ensino presencial funcionaria muito bem”.

Sobre o que poderia ser feito para melhorar este ensino remoto emergencial, alguns responderam que: “Um planejamento mais robusto, e mais tempo de aula para as aulas não fiquem corridas”, “Disponibilização de mais conteúdo para buscarmos mais conhecimento”, “aumentar as horas das aulas síncronas” e “mais aulas gravadas e vídeos explicativos, pois, para quem trabalha consegue definir o melhor horário para assistir e estudar”.

Quando questionados se acreditam que todas as disciplinas e conteúdos podem ser ofertadas online, estes ficaram muito divididos. Alguns disseram que em quase todas as disciplinas e outros que na maioria das disciplinas, mas não detalharam em quais. Conforme apresentado na figura 3.

Figura 3. Você acredita que todas as disciplinas e conteúdos podem ser ofertadas online?



Fonte: Própria dos autores.

Outra pergunta também com respostas muito divididas, foi se os professores estão preparados para ensinar de forma remota. Muitos relataram que: “Todos estão se adaptando, mas estão se preparando cada vez mais”, “Nem os professores estão prontos para ministrar aulas a distância, como tão pouco os alunos estão preparados. Mas a adaptação virá com o tempo”.

Segundo os alunos, entre os principais entraves para estudar em casa, estão: “Encontrar um ambiente calmo para estudos”, “O comodismo e a internet”, “Foco”, “Falta de atenção, barulho”, “disponibilidade de horário”, “recursos (exemplo computadores) para disciplinas praticas”, “Eu não tenho nenhum, meu único problema é com o tempo da aula síncrona”, “Foco e gestão de tempo”, “Barulho”, “Tempo e família” e “Disciplina para realizar as tarefas”.

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo, cumpriu o objetivo que se propôs, que é investigar e refletir, como estão as atividades remotas emergenciais ofertadas no ensino de engenharia de produção em um curso superior do Estado de Goiás, em tempos da pandemia de COVID-19, e seus impactos na educação.

Os resultados recolhidos por esta pesquisa permitem afirmar que, o uso das tecnologias digitais e suas práticas no curso apresentou saldo positivo, com uma releitura das experiências vivenciadas em um momento muito complicado, que é a pandemia de COVID-19, demonstrando a capacidade e compromisso dos professores e alunos com o ensino.

Se não fossem os recursos digitais, durante este período de escolas fechadas por causa da pandemia de COVID-19, não teríamos nenhuma ação educativa. Destaque para a aceitação de fazer o melhor dentro do possível devido a mudança forçada imposta pela pandemia, tanto por parte dos professores, como pelos alunos. Os estudantes precisaram



demonstrar muito mais maturidade e autonomia neste momento. Temos ainda, a questão do stress, que pode ser evidenciado nos alunos, pais e docentes.

Para pesquisas futuras pretende-se ampliar a investigação em outras turmas, cursos e áreas para uma melhor percepção do ensino neste período da pandemia de COVID-19.

■ REFERÊNCIAS

1. ALVES, Janainne Nunes; FARIA, Bruno Lopes de; LEMOS, Paulo Giovane Aparecido; COSTA, Claudiane Moreira; SILVA, Cléber Silva; OLIVEIRA, Ramony Maria da Silva Reis. Ciências na pandemia: uma proposta pedagógica que envolve interdisciplinaridade e contextualização. **Revista Thema**, p.184-203, 2020.
2. FERET, Vandra and JOUCOSKI, Emerson. A docência compartilhada em período de atendimento remoto. **Revista EDaPECI**, São Cristóvão (SE), v.21, n.1, p. 6-17, 2021.
3. MARCONDES FILHO, Ciro. **O rosto e a máquina: o fenômeno da comunicação visto pelos ângulos humano, medial e tecnológico**. São Paulo: Paulus, 2013.
4. MARTINS, Ernane Rosa; GOUVEIA, Luis Manuel Borges. O Uso do WhatsApp como Ferramenta de Apoio a Aprendizagem no Ensino Médio. **Renote. Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 16, p. 1-10, 2018.
5. MARTINS, Ernane Rosa; GOUVEIA, Luis Manuel Borges; AFONSECA, Ulisses Rodrigues; GERALDES, Wendell Bento. Comparação Entre o Modelo da Sala de Aula Invertida e o Modelo Tradicional no Ensino de Matemática na Perspectiva dos Aprendizes. **Experiências em ensino de ciências (UFRGS)**, v. 14, p. 522-530, 2019.
6. MIRANDA, Kacia Kyssy Câmara de Oliveira; LIMA, Alzenir da Silva; OLIVEIRA, Valeska Crystlaine Machado de; TELLES, Cinthia Beatrice da Silva. Aulas remotas em tempo de pandemia: desafios e percepções de professores e alunos. **Conedu: VII Congresso Nacional de Educação**, p 1-12, 2020.
7. NOBRE, Ana; MOURAZ, Ana; GOULÃO, Maria de Fátima; HENRIQUES, Susana; BARROS, Daniela; MOREIRA, José António. Processos de comunicação digital no sistema educativo português em tempos de pandemia. **Revista práxis educacional**, v. 17, n. 45, p. 1-19, 2021.
8. NONATO, Emanuel do Rosário Santos; SALES, Mary Valda Souza; CAVALCANTE, Társio Ribeiro. Cultura digital e recursos pedagógicos digitais: um panorama da docência na covid-19. **Revista práxis educacional**, v. 17, n. 45, p. 1-25, 2021.
9. ROSA, Rosane Teresinha Nascimento da. Das aulas presenciais às aulas remotas: as abruptas mudanças impulsionadas na docência pela ação do Coronavírus-o COVID-19! **Rev. Cient. Schola**, Colégio Militar de Santa Maria Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil Volume VI, Número 1, 2020.



SOBRE O ORGANIZADOR

Ernane Rosa Martins

Doutor em Ciência da Informação com ênfase em Sistemas, Tecnologias e Gestão da Informação, na Universidade Fernando Pessoa, em Porto/Portugal. Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, possui Pós-Graduação em Tecnologia em Gestão da Informação, Graduação em Ciência da Computação e Graduação em Sistemas de Informação. Professor de Informática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG (Câmpus Luziânia) ministrando disciplinas nas áreas de Engenharia de Software, Desenvolvimento de Sistemas, Linguagens de Programação, Banco de Dados e Gestão em Tecnologia da Informação. Pesquisador do Núcleo de Inovação, Tecnologia e Educação (NITE), certificado pelo IFG no CNPq. Membro do Conselho Editorial da Editora Científica Digital. Membro do Conselho Técnico Científico da Atena Editora. Membro do Corpo Editorial da Pantanal Editora. Membro do Conselho Editorial da Editora Bagai. Membro do Conselho Editorial da Editora e-Publicar. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1543-1108>. Personal homepage: <https://ernanemartins.wordpress.com/>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5566965064833628>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção: 40, 41, 59

Arduino: 207, 208, 209, 210, 216

B

Balanceamento de Linhas: 110, 111

Biomassa: 51, 52, 54, 55, 56

Biomaterials: 122, 123, 124, 125, 126, 131, 132, 133, 134, 135, 136

C

Characterization: 121, 122, 133

Combustíveis: 218, 229, 233

D

Diversificação: 180, 182

E

Economia: 91, 195, 196

Educação: 150, 236, 237, 243

Eficiência: 54, 218

Empresas: 15, 85, 89, 93, 105, 106, 232

Engenharia: 13, 39, 82, 83, 135, 149, 150, 175, 176, 178, 196, 197, 198, 202, 204, 205, 216, 235, 236

Ensino: 71, 198, 205, 236, 243

Ergonomia: 61, 65, 66, 67, 81, 82, 83

Escavação: 144, 145

Especialização: 149, 150, 180, 188

Estações em Paralelo: 110

Estrutura Produtiva: 179, 180

F

Food Industry: 152

Fundação: 94, 106, 144, 145, 227

H

Home Office: 61

I

Indústria: 31, 38, 110, 138, 150, 195, 196

L

Logística: 195, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 232

M

Method for Product Development: 152

Microcontroladores: 207, 209, 216

Mineração: 180, 195

P

Pandemia: 198, 236

Product Development: 152, 175

Product Scope: 152

Project Management: 152, 155, 175

Project Scope: 152

Psicologia Organizacional: 13

R

Resíduos: 31, 33, 35, 37

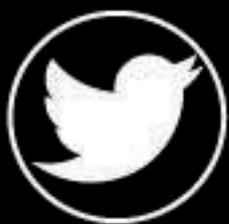
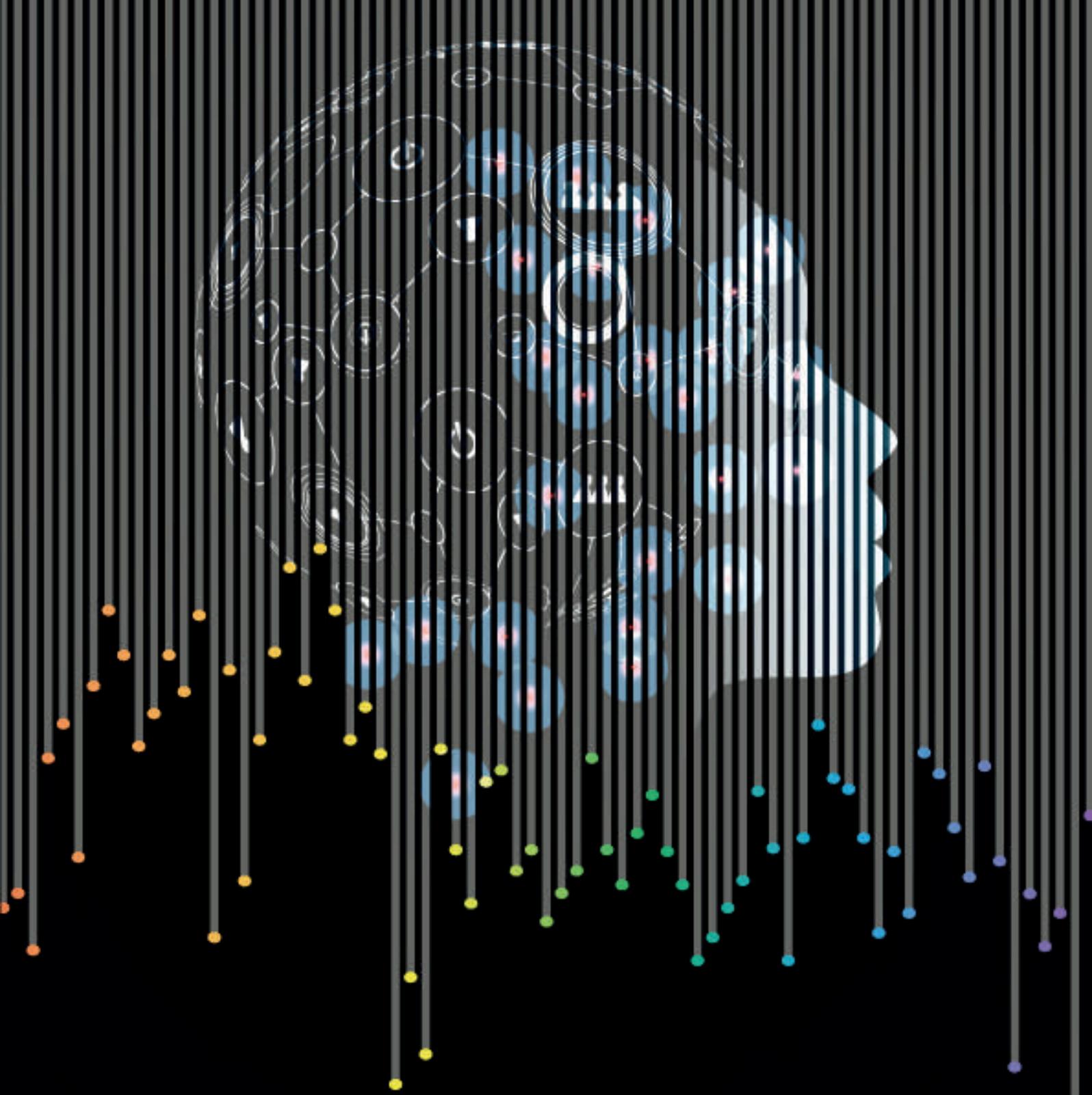
Roteirização: 218, 226, 227

S

Sustentabilidade Ambiental: 85

T

Teletrabalho: 61, 63, 64, 82, 83



www.editoracientifica.org

contato@editoracientifica.org

ISBN 978-658982698-9



9

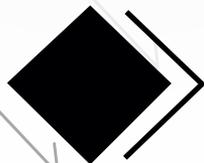
786589

826989

VENDA PROIBIDA - ACESSO LIVRE - OPEN ACCESS

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

GESTÃO DE QUALIDADE, PRODUÇÃO E OPERAÇÕES



editora

científica digital