

**Marcia Regina Werner Schneider Abdala  
(Organizadora)**

**A Aplicação do  
Conhecimento  
Científico nas  
Engenharias 2**

**Atena**  
Editora

Ano 2019

Marcia Regina Werner Schneider Abdala  
(Organizadora)

# A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias 2

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

A642 A aplicação do conhecimento científico nas engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (A Aplicação do Conhecimento Científico nas Engenharias; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-245-6

DOI 10.22533/at.ed.456190504

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovação. I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Série.

CDD 620.0072

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

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

## APRESENTAÇÃO

O conhecimento científico é extremamente importante na vida do ser humano e da sociedade, pois possibilita entender como as coisas funcionam ao invés de apenas aceita-las passivamente. Mediante o conhecimento científico é possível provar muitas coisas, já que busca a veracidade através da comprovação.

Sendo produzido pela investigação científica através de seus procedimentos, surge da necessidade de encontrar soluções para problemas de ordem prática da vida diária e para fornecer explicações sistemáticas que possam ser testadas e criticadas através de provas. Por meio dessa investigação, obtêm-se enunciados, leis, teorias que explicam a ocorrência de fatos e fenômenos associados a um determinado problema, sendo possível assim encontrar soluções ou, até mesmo, construir novas leis e teorias.

Possibilitar o acesso ao conhecimento científico é de suma importância para a evolução da sociedade e do ser humano em si, pois através dele adquirem-se novos pontos de vista, conceitos, técnicas, procedimentos e ferramentas, proporcionando o avanço na construção do saber em uma área do conhecimento.

Na engenharia evidencia-se a relevância do conhecimento científico, pois o seu desenvolvimento está diretamente relacionado com o progresso e disseminação deste conhecimento.

Neste sentido, este E-book, composto por dois volumes, possibilita o acesso as mais recentes pesquisas desenvolvidas na área de Engenharia, demonstrando a importância do conhecimento científico para a transformação social e tecnológica da sociedade.

Boa leitura!

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
O BRASIL SABE PLANEJAR?	
Thiago de Oliveira Lima Brandão	
DOI 10.22533/at.ed.4561904041	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>4</b>
A CONTRIBUIÇÃO DA ACREDITAÇÃO HOSPITALAR PARA A MELHORIA DOS SERVIÇOS DE ASSISTÊNCIA À SAÚDE	
Tatyana Karla Oliveira Regis	
Sablina Cibele Fernandes Alves	
DOI 10.22533/at.ed.4561904042	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>15</b>
SÍNDROME DE BURNOUT: NOVOS DESAFIOS PARA GESTÃO DE FUNCIONÁRIOS DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO	
Luís L'Aiglon Pinto Martins	
DOI 10.22533/at.ed.4561904043	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>26</b>
TEORIA DAS FILAS PARA DIMENSIONAMENTO DE ATENDENTES EM EMPRESA DE SOFTWARE	
Ivete Linn Ruppenthal	
Fernanda Klein Both	
Fabrício Desbessel	
João Serafim Tusi da Silveira	
DOI 10.22533/at.ed.4561904044	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>42</b>
QUALIFICAÇÃO DE FORNECEDORES EM UMA INDÚSTRIA DO RAMO ALIMENTÍCIO	
Jeova Santos Gonçalves	
Larisse Oliveira Costa	
DOI 10.22533/at.ed.4561904045	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>46</b>
UTILIZAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL NA OTIMIZAÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS EM UM RESTAURANTE NO MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO DO AMARANTE, CEARÁ	
José Oliveira da Silva Júnior	
Kleison de Paiva Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.4561904046	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>50</b>
ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS: CAPACIDADE PRODUTIVA DE UM ATELIÊ NO MUNICÍPIO DE XINGUARA-PA	
Thiago Dos Santos Paula	
Fábia Maria de Souza	
Waleriana Cavalcante Leão	
Mariele Ferreira Gonçalves	
Cristiano Carvalho da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.4561904047	

<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>62</b>
ANÁLISE ERGONÔMICA DOS AGENTES DE LIMPEZA PÚBLICA DO CENTRO HISTÓRICO DE SÃO LUÍS -MA	
Karolayne Maria Viana Silva	
Basynga Franco da Silva	
Júlio César Moraes Vale	
José Ribamar Santos Moraes Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4561904048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>72</b>
GESTÃO DE RISCOS DE RUPTURAS E ESTRATÉGIAS DE RESILIÊNCIA EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS	
Márcio Gonçalves dos Santos	
Rosane Lúcia Chicarelli Alcântara	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4561904049</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>87</b>
MELHORIA DOS PROCESSOS PRODUTIVOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE GESTÃO DE PRODUÇÃO: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO RAMO DE NAVEGAÇÃO	
Gabriel Lemos Ferreira	
Tábata Stephanie Vilela Morgado	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45619040410</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>98</b>
AVANÇOS DA MANUTENÇÃO EM UMA OFICINA MECÂNICA DE UMA CONSTRUTORA	
Izac de Sousa Vieira	
José Weliton Nogueira Júnior	
Yuri José Luz Moura	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45619040411</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>103</b>
DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO MARCADOR PARA PLANTIO DE FUMO	
Marlon Vinícius Medeiros	
João Pedro Brentano Uhry	
Anderson Creasso	
Alexandre Chapoval Neto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45619040412</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>115</b>
CONTROLE E MONITORAMENTO DE CARGAS COM SISTEMA SCADABR E ARDUINO	
Chagas Carvalho Teixeira de Oliveira Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45619040413</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>128</b>
ANÁLISE DE POTENCIAL EÓLICO UTILIZANDO O SOFTWARE WASP E DADOS DE MEDIÇÃO DE ANEMÔMETRO DE TORRES METEOROLÓGICAS	
Francisco Jeandson Rodrigues da Silva	
Magna Livia Neco Rabelo	
Antonio Marcos Teixeira	
Antônio Wellington Vaz dos Santos	
José Neurismar Bezerra de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45619040414</b>	

**CAPÍTULO 15 ..... 135**

USO DO SISTEMA GOD PARA DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL DO AQUÍFERO À CONTAMINAÇÃO EM MARAU – RS

Gabriel D'Ávila Fernandes  
Willian Fernando de Borba  
Lueni Gonçalves Terra  
José Luiz Silvério da Silva  
Éricklis Edson Boito de Souza  
Mirta Teresinha Petry

**DOI 10.22533/at.ed.45619040415**

**CAPÍTULO 16 ..... 144**

VULNERABILIDADE NATURAL DO AQUÍFERO À CONTAMINAÇÃO NO MUNICÍPIO DE ELDORADO DO SUL-RS

Gabriel D'Avila Fernandes  
Willian Fernando de Borba  
José Luiz Silvério da Silva  
Gustavo Rinaldo Scaburi  
Pedro Daniel da Cunha Kemerich  
Éricklis Edson Boito de Souza  
Jennyfer Selong Redel

**DOI 10.22533/at.ed.45619040416**

**CAPÍTULO 17 ..... 150**

UTILIZAÇÃO DA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA (LPA) NO CONTROLE DE BOMBAS DE SANGUE DE FLUXO CONTÍNUO

Gabriel Furlan  
Tarcisio Fernandes Leão  
José William Rodrigues Pereira  
Victor Freitas Souto  
Eduardo Guy Perpétuo Bock

**DOI 10.22533/at.ed.45619040417**

**CAPÍTULO 18 ..... 162**

CONFECÇÃO DE BIOMODELOS PARA PACIENTES RECÉM-NASCIDOS E CRIANÇAS MAIORES COM COARCTAÇÃO DA AORTA

Rosana Nunes dos Santos  
Vinicius Oliveira Nascimento Louro  
Nadine Rubliauskas Wahbe  
Tiago Senra Garcia dos Santos  
Aron José Pazin de Andrade  
Bruno Utiyama da Silva  
Carlos Augusto Cardoso Pedra

**DOI 10.22533/at.ed.45619040418**

**CAPÍTULO 19 ..... 173**

CONTROLE DO CONVERSOR BUCK PARA MÓDULOS DA CADEIRA DE RODAS COM USO DE LMIs

Ruberlei Gaino  
Márcio Roberto Covacic  
Rodrigo da Ponte Caun  
Pedro Henrique Bonilha Mantovani

**DOI 10.22533/at.ed.45619040419**

**CAPÍTULO 20 ..... 186**

METODOLOGIA PARA A CRIAÇÃO DE UMA ROTINA DE SIMULAÇÃO NUMÉRICA EM IMPLANTES DE QUADRIL

Jorge Arturo Hinostroza Medina

Bianca Aleixo

Claudio Teodoro dos Santos

Rafael de Abreu Vinhosa

Mauricio de Jesus Monteiro

Ieda Vieira Caminha

André Maués Brabo Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.45619040420**

**CAPÍTULO 21 ..... 199**

DESENVOLVIMENTO DE UM ELETROMIÓGRAFO PARA AVALIAR PADRÕES DE RESPOSTAS MUSCULARES E EFICÁCIA DE TRATAMENTOS

Suany dos Santos Chagas

Deriks Karlay Dias Costa

Wellington José Figueiredo de Lima

Luciana de Azevedo Vieira

Rildo Cesar Dias Arrifano

Kleiber Tenório de Sousa

**DOI 10.22533/at.ed.45619040421**

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 212**

## O BRASIL SABE PLANEJAR?

**Thiago de Oliveira Lima Brandão**

Wyden UniFBV, Recife - PE

**RESUMO:** Este resumo expandido tem como objetivo responder à pergunta proposta pelo professor Rafael Lucian, como atividade complementar da disciplina gestão estratégica, do curso de Engenharia de Produção. A metodologia utilizada foi pesquisa em sites da web, bem como vídeos de entrevistas e depoimentos a respeito de estratégia e planejamento. Em sua maioria, o Brasil não tem a cultura de planejar estrategicamente um negócio, um projeto, uma situação, o que influencia nas chances de sucesso e fracasso de cada um. Portanto, percebe-se que o Brasil, como um todo, não tem o hábito de planejar estrategicamente e nem gosta de realizar essa tarefa devido a diversos fatores, desde a falta de conhecimento até o fato de já estarem fartos da burocracia que envolve todo o nosso país.

**PALAVRAS-CHAVE:** Brasil. Estratégia. Planejamento. Cultura.

**ABSTRACT:** This expanded abstract aims to answer the question posed by professor Rafael Lucian, as a complementary activity of the subject strategic management, of the course of Production Engineering. The methodology used was research on web sites, as well as

videos of interviews and testimonials regarding strategy and planning. For the most part, Brazil does not have the culture to strategically plan a business, a project, a situation, what influences the chances of success and failure of each one. Therefore, it is perceived that Brazil as a whole does not have the habit of strategically planning nor does it enjoy doing this task due to several factors, since the lack of knowledge to the fact that they are already bored with the bureaucracy that evolve our country.

**KEYWORDS:** Brazil. Strategy. Planning. Culture.

### 1 | INTRODUÇÃO

Quando falamos em planejamento estratégico devemos ter em mente que são todas as atividades que constituem na determinação de objetivos que se buscam alcançar e ações que irão permitir alcançá-los, levando em conta as limitações externas e internas da organização. Um planejamento estratégico bem feito deve funcionar como um norte para a empresa, de modo que, todas as vezes que a situação da organização estiver fora do almejado deve-se tomar atitudes para que tudo volte ao seu rumo ideal.

Um planejamento estratégico começa na definição da missão, visão e valores, para

posteriormente definir objetivos, metas e plano de ação. Esse processo leva tempo e demanda dedicação aos envolvidos. Justamente por ser um processo trabalhoso e não ter ligação direta com a operação, esse planejamento estratégico muitas vezes é deixado de lado e esquecido, seja pelo fato de muitas pessoas não saberem fazer um ou pelo fato de não acharem suficientemente importante. Começar uma pequena empresa sem ter um planejamento estratégico é muito comum, principalmente no Brasil, onde predomina a cultura do “faz e depois vê no que dá”. Outro fator que contribui bastante para que os empreendedores brasileiros não se dediquem a planejar uma estratégia é o fato da burocracia estar presente em excesso no nosso país, fazendo com que os brasileiros não queiram gastar mais tempo planejando uma estratégia, e por isso acabam adiantando processos e pulando etapas, prejudicando o desenvolvimento da empresa.

## 2 | METODOLOGIA

Pesquisa em sites da internet, bem como vídeos, além do conteúdo aprendido nas aulas lecionadas pelo professor Rafael Lucian. Na fonte <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/esporte/o-que-e-planejamento-estrategico/3951>, pude encontrar definições sobre o que é o planejamento da estratégia.

Já em <https://www.terra.com.br/noticias/dino/por-que-o-brasileiro-nao-tem-cultura-de-planejamento,05d639a022d8e77addbe239d5727de04rb7smavx.html> foi possível estudar algumas razões pelas quais o brasileiro não tem a cultura de planejar. Como a própria fonte cita: “De acordo com o SEBRAE, 3 a cada 10 brasileiros adultos está envolvido com uma iniciativa de negócio próprio. Entretanto, o espírito empreendedor muitas vezes esquece-se de que planejar o empreendimento é fundamental”. Segundo a matéria, algumas das razões são: a falta de conhecimento, imediatismo (estando diretamente ligado a não querer gastar tempo no planejamento, como já foi citado na introdução) e a falta de objetivos concretos (muitas vezes toma-se como único objetivo a geração de lucro).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Portanto, é notório que o ato de planejar estratégias não é um hábito comum entre os brasileiros, fato explicado por diversos fatores, entre eles: falta de conhecimento, falta de objetivos concretos e necessidade de imediatismo. Além de tudo isso, devemos levar em conta que o planejamento estratégico exige muito tempo e esforço da equipe de estratégia da organização, e nem todos estão dispostos a investir em algo fora da esfera operacional.

Porém, também é importante lembrar que um planejamento estratégico bem feito serve de norte para o futuro da empresa, sendo possível enxergar o que está no caminho certo e o que é necessário alterar para que tudo ocorra conforme o desejado.

As organizações que começam desde o início com um planejamento estratégico têm grandes chances de se desenvolverem mais (e melhor) que as “desorganizadas estrategicamente”.

## 4 | CONCLUSÕES

Por fim, concluo afirmando que o Brasil não sabe e não tem a cultura de planejar estrategicamente as coisas. Apesar de sermos um dos países que mais empreendem, não empreendemos desde o início com o conceito de estratégia, fazendo com que a empresa não atinja todo o seu possível potencial.

## REFERÊNCIAS

**Planejamento Estratégico de Empresa – Como Fazer?** Disponível em: <<http://casadaconsultoria.com.br/planejamento-estrategico-de-empresa/>>. Acesso em: 29 mar. 2018.

**Por que o brasileiro não tem cultura de planejamento?** Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/dino/por-que-o-brasileiro-nao-tem-cultura-de-planejamento,05d639a022d8e77addbe239d5727de04rb7smavx.html>>. Acesso em: 29 mar. 2018.

## A CONTRIBUIÇÃO DA ACREDITAÇÃO HOSPITALAR PARA A MELHORIA DOS SERVIÇOS DE ASSISTÊNCIA À SAÚDE

**Tatyana Karla Oliveira Regis**

Instituto de Educação Superior Da Paraíba  
João Pessoa – Paraíba

**Sablina Cibele Fernandes Alves**

Instituto de Educação Superior Da Paraíba  
João Pessoa – Paraíba

**RESUMO:** Este artigo tem como objetivo: analisar como ocorreu o processo de acreditação em um hospital do estado da Paraíba, ressaltando a dinâmica de operacionalização na conquista do nível de acreditado com excelência. Dessa forma, o desenvolvimento desse trabalho contribuiu para a literatura da área, ainda incipiente no Brasil, assim como auxiliar as operações hospitalares que desejem melhorar a qualidade de seus processos por meio da acreditação. Para o alcance do objetivo foi realizado um estudo de caso em um hospital de grande porte situado na Paraíba. Os resultados demonstraram os seguintes ganhos para a organização: pensamento sistêmico, cultura de melhoria contínua, maior satisfação do paciente, o que representa um ganho muito maior do que apenas a certificação.

**PALAVRAS-CHAVE:** gestão; qualidade; acreditação hospitalar

**ABSTRACT:** This article aims to analyze how the accreditation process occurred in a hospital

in the state of Paraíba, highlighting the dynamics of operationalization in achieving the accredited level with excellence. Thus, the development of this work contributed to the literature of the area, still incipient in Brazil, as well as to help hospital operations that wish to improve the quality of their processes through accreditation. A case study was carried out in a large hospital located in Paraíba. The results showed the following gains for the organization: systemic thinking, a culture of continuous improvement, greater patient satisfaction, which represents a much greater gain than just certification.

**KEYWORDS:** management; quality; hospital accreditation

### 1 | INTRODUÇÃO

Este artigo é resultado de uma pesquisa desenvolvida em um hospital de grande porte no estado da Paraíba, cujo escopo é a implementação de um sistema de acreditação para buscar a adequação dos processos aos padrões nacionais de qualidade. A problemática aqui discutida é a importância da implementação, manutenção e monitoramento do processo de acreditação na instituição.

Para tanto, o objetivo a ser alcançado é o de avaliar como a instituição estruturou o processo de busca pela melhoria, através da

acreditação hospitalar e quais benefícios conquistou através deste processo.

Esta pesquisa é classificada como qualitativa e exploratória, uma vez que foi aplicado um estudo de caso e o resultado foi uma maior compreensão a respeito da acreditação hospitalar como um meio para a melhoria da qualidade dos serviços de saúde (SILVA; MENEZES, 2005).

O estudo de caso é aplicado quando se deseja obter uma compreensão mais profunda sobre o objeto pesquisado (YIN, 2005).

A pesquisa ocorreu em duas etapas: (1) revisão da literatura; (2) estudo empírico. Nesta etapa de revisão da literatura, buscou-se a compreensão dos temas: qualidade em serviços de saúde, operações hospitalares e acreditação hospitalar. Para o desenvolvimento do estudo empírico, foi selecionado um Hospital Alberto Urquiza Wanderley localizado no estado de Paraíba.

Ainda sobre a metodologia, faremos uso do método de abordagem dedutivo-indutivo, uma vez que a parte geral deste estudo apresenta: histórico e conceito da qualidade; gestão da qualidade; operações hospitalares; acreditação hospitalar; processo de implantação da acreditação hospitalar; objetivos da implantação; histórico de cada etapa; resultados alcançados e considerações finais.

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Histórico e Conceito da Qualidade

No processo evolutivo do conceito de qualidade nos processos de bens ou serviços, alguns nomes se destacaram por sua contribuição com a academia e com os resultados organizacionais, tornando-se os chamados “gurus” da qualidade, entre eles estão: Edwards Deming, Joseph Juran, Philip Crosby, Armand Feigenbaum, Kaoru Ishikawa e Genichi Taguchi. A definição de qualidade apresentada por cada um desses autores podem ser visualizada no Quadro 1 ilustrado a seguir.

<b>Autores</b>	<b>Definição de qualidade</b>
<b>Deming</b>	- Define qualidade como atendimento de requisitos do cliente e acompanhamento da evolução de seus desejos; - Criação do sistemática de solução de problemas, método de melhoria PDCA ( <i>Plan, Do, Check, Action</i> ). (DEMING, 1986)
<b>Juran</b>	- Define qualidade como adequação ao uso a que o produto se destina; - Difundiu a teoria da trilogia da qualidade, baseada no planejamento da qualidade, controle da qualidade e melhoria da qualidade; como também o princípio de Pereto, conceituado como “poucos vitais e muitos triviais”. (JURAN, 2000)
<b>Crosby</b>	- Define qualidade como conformidade aos requisitos definidos, baseado em termos quantitativos, para auxiliar as organizações a trabalharem com metas tangíveis; - Criador do programa Zero Defeito, tendo sido aplicado tanto em empresas quanto na área militar. (CROSBY, 1995)

<b>Feigenbaum</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Define qualidade como conjunto de atributos através dos quais as expectativas dos clientes serão atendidas;</li> <li>- Formulou o Controle Total da Qualidade, sistema baseado em procedimentos definidos e padronização de processos, de forma a garantir produtos econômicos e de qualidade. (FEIGENBAUM, 1986)</li> </ul>
<b>Ishikawa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto mais econômico, mais útil e que satisfaça o cliente;</li> <li>- Sistematizou o agrupamento de ferramentas da qualidade para análise e tratamento de não-conformidades, conhecido como as “sete ferramentas da qualidade”. (ISHIKAWA, 1985)</li> </ul>
<b>Taguchi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Foco das atividades na elaboração dos projetos, construindo produtos de qualidade robusta. Vertente conhecida como qualidade <i>off line</i>. (TAGUCHI, 1990)</li> </ul>

Quadro1: Definição de Qualidade

Fonte: Desenvolvido pelas autoras (2018)

Segundo Bravo (2003) pela cronologia evolutiva da qualidade, algumas etapas são marcantes no processo de crescimento da gestão da qualidade, tais como: inspeção, controle da qualidade, qualidade assegurada e visão estratégica global. Cada etapa teve sua importância e a cada evolução os esforços culminavam na adequação das organizações as necessidades e desejos de seus consumidores. A seguir, maiores detalhes sobre cada uma dessas etapas, conforme pode ser visualizado no Quadro 2 que segue.

<b>Etapas da gestão da qualidade</b>	<b>Características marcantes</b>
<b>Inspeção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ênfase da inspeção na conformidade com as especificações estabelecidas, comparação feita apenas ao final do processo;</li> <li>- Objetivo de detectar os problemas de fabricação no setor de produção das organizações;</li> <li>- Eficaz no sentido de proteger o cliente de receber produtos com defeito, mas não impossibilita a ocorrência de perdas e de custos da não-qualidade.</li> </ul>
<b>Controle da qualidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconhecimento de que a variabilidade era um fato concreto na indústria;</li> <li>- Mudança no foco da análise de existência de variação para identificação de variações aceitáveis e flutuações indicativas de problemas</li> <li>- Utilização de princípios da probabilidade e estatística através de estudos de capacidade e análise dos desvios padrões.</li> </ul>
<b>Qualidade assegurada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualidade passa a ter implicações mais amplas para o gerenciamento e não mais restrita a produção fabril;</li> <li>- Foco na prevenção de defeitos (zero defeito);</li> <li>- Incentivo a participação de funcionários de todos os níveis na busca pela melhoria contínua.</li> </ul>
<b>Visão estratégica global</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incentivo a inovação e o envolvimento dos funcionários de todos os níveis organização com a qualidade;</li> <li>- Auto gerenciamento - fundamenta-se no envolvimento de pessoas, valorizando o capital intangível da organização, buscando o desenvolvimento e a disseminação do conhecimento, a fim de convertê-los em ganhos para a organização.</li> </ul>

## 2.2 Operações Hospitalares

As organizações de assistência à saúde “são empresas prestadoras de serviços a clientes com saúde debilitada, como doenças ou situações de limitação do perfeito estado de saúde e bem-estar definido pela Organização Mundial da Saúde” (OMS) (LUONGO, 2011, p. 16). Exemplos de estabelecimentos assistenciais de saúde são os ambulatorios, os hospitais, as assistências domiciliares, as farmácias comunitárias, etc. (CAVALLINI; BISSON, 2010).

O ambulatório é “destinado à realização de consulta médica geral ou especializada, fonoaudiologia, psicologia, etc., com a finalidade de prevenção de doenças, recuperação e reabilitação da saúde de forma programada” (SOUZA; MOZACHI, 2009, p.4). Já o hospital é definido pelo Ministério da Saúde como o “estabelecimento de saúde destinado a prestar assistência sanitária em regime de internação a uma determinada clientela, ou de não internação, no caso de ambulatorios e outros serviços” (SOUZA; MOZACHI, 2009, p.2).

Conforme a OMS o hospital é o estabelecimento de saúde cuja função é prestar completa assistência médica a população, tanto preventiva como curativa, incluindo serviços de assistência domiciliar assim como fornecer preparo e treinamento aos profissionais de saúde e dedicar-se às pesquisas biossociais (MALAGÓN-LONDOÑO; MORERA; LAVERDE, 2000; CAVALLINI; BISSON, 2010).

O hospital possui diversas funções conforme podem ser visualizadas no Quadro 3.

FUNÇÕES	CARACTERÍSTICAS
<b>Prevenir a doença</b>	Pré-natal e vigilância no parto normal, vigilância no crescimento normal da criança e do adolescente, luta contra doenças transmissíveis, educação sanitária, higiene do trabalho, etc.
<b>Restaurar a saúde</b>	Diagnóstico nos serviços ambulatoriais, tratamento curativo das enfermidades (intervenções cirúrgicas, clínicas e especiais), readaptação física, mental e social dos pacientes, assistência em casos de urgência (acidentes e enfermidades).
<b>Funções educativas</b>	Oferecer suporte aos estudantes de medicina, residentes, enfermeiros, administradores de saúde, assistentes sociais, etc.
<b>Promover a pesquisa</b>	Em aspectos físicos, psicológicos e sociais da saúde e da enfermidade. Em métodos técnicos e administrativos do hospital.

Quadro 03 - Funções do hospital.

Fonte: Cavallini e Bisson (2010).

Conforme Cavallini e Bisson (2010), as entradas dos pacientes no hospital ocorrem por meio do pronto-socorro (pronto atendimento, emergência), por cirurgias eletivas (previamente agendadas) pelo ambulatório ou por hospital-dia (quimioterapia,

hemodiálise, radioterapia, imunoterapia).

O paciente procura o pronto-socorro quando necessita de um atendimento emergencial, assim, são realizadas consultas em clínicas médicas, prescrição de medicamentos e de procedimentos, por vezes o paciente fica em observação por algumas horas e após este período recebe alta, é encaminhado para análise de especialista ou para internação (CAVALLINI; BISSON, 2010).

Os ambulatórios têm a função de realizar consultas médicas e pequenos procedimentos (cirurgias etc.), quando necessário os médicos solicitam diagnósticos complementares (radiografias, exames laboratoriais, teste ergométrico, ultrassonografia, teste de alergia, etc.) e em geral os pacientes são triados pela clínica médica e encaminhados ao especialista (CAVALLINI; BISSON, 2010).

O sistema hospitalar oferece variados serviços e reúne um conjunto de diferentes processos interligados que consomem variados recursos. Os principais processos hospitalares são classificados em administrativos e técnicos, entretanto, podem ocorrer variações de uma organização hospitalar para outra.

- Processos administrativos: recursos humanos, processamento de dados, finanças, faturamento, serviços gerais, segurança e medicina do trabalho, suprimentos e técnicos etc (SOUZA; MOZACHI, 2009; CAVALLINI; BISSON, 2010).
- Processos técnicos: Serviços de enfermagem, nutrição e dietética, arquivamento médico e estatístico, assistência social, diagnóstico e tratamento, apoio ao diagnóstico e tratamento, serviços diversos, serviços de farmácia e etc (SOUZA; MOZACHI, 2009; CAVALLINI; BISSON, 2010).

Como se pode notar, o hospital abarca um universo de processos que faz dele uma das organizações mais complexas da sociedade atual (MALAGÓN-LODOÑO; MORERA; LAVERDE, 2000). As operações hospitalares são complexas, pois cada paciente representa um processo, o que consiste numa variabilidade natural destes serviços, a qual pode ser controlada conciliando a flexibilidade com a utilização de padrões que confirmam consistência ao processo (ARONSSON; ABRAHAMSSON; SPENS, 2011; MEREDITH; 2011). A Figura 1, a seguir ilustra alguns fluxos hospitalares.

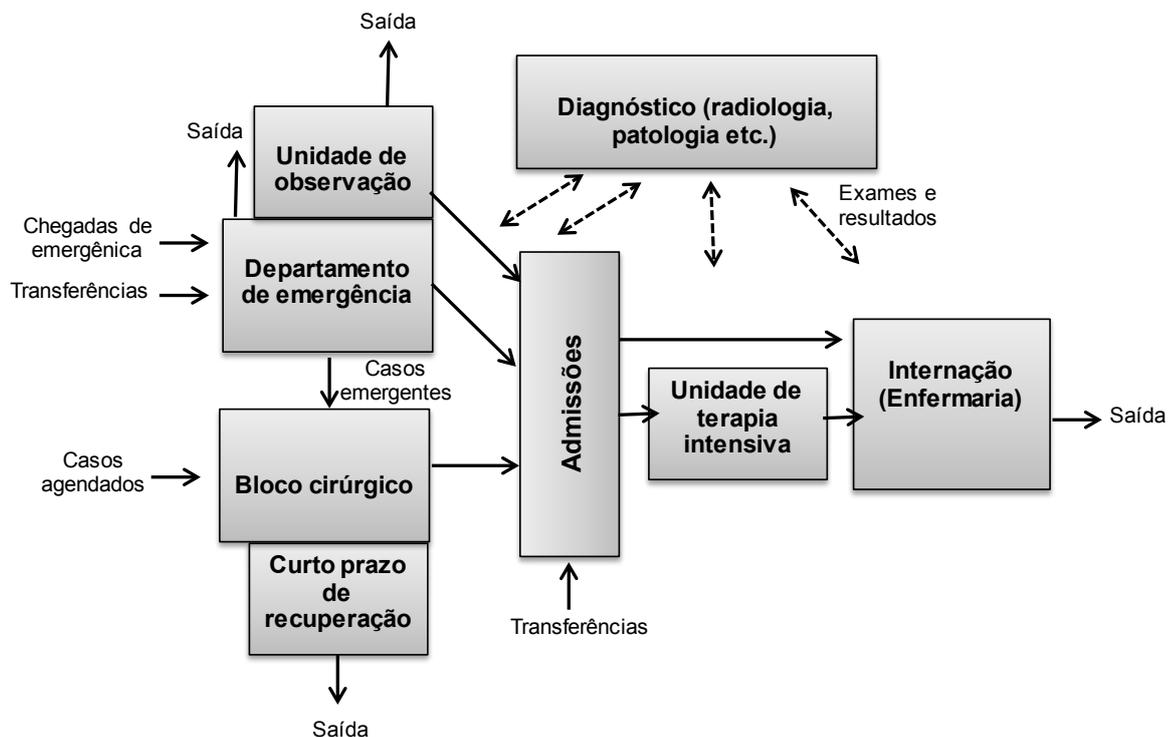


Figura 1 – Fluxos hospitalares.

\*Linhas cheias representam fluxos de paciente e linhas tracejadas representam fluxos de informação.

Fonte: Hopp e Levejoy (2013, p. 18).

Conforme Manzo, Ribeiro e Brito (2012) a má qualidade no setor hospitalar no Brasil é evidenciada pelos serviços ineficientes, com altos custos e geograficamente, economicamente ou socialmente inacessíveis, gerando filas de espera longas e insatisfação. O Quadro 4, a seguir demonstra que os hospitais privados predominam no Brasil.

<b>MUNICIPAIS</b>	21%
<b>ESTADUAIS</b>	8%
<b>FEDERAIS</b>	1%%
<b>PRIVADOS</b>	70%
<b>TOTAL</b>	6.778

Quadro 4: Hospitais do Brasil.

Fonte: CNES (2017)

Conforme Brito *et al* (2017), os modelos de acreditação vigentes no Brasil são: ONA – Organização Nacional de Acreditação; JCI – Joint Commission International; AC – Accreditation Canada; NIAHO – National Integrated Accreditation for Healthcare Organizations). Os autores argumentam que após 15 anos desde a acreditação do primeiro hospital no país, o número de hospitais acreditados não chega a 5%, podendo indicar uma falta de preocupação com a avaliação externa.

## 2.3 Acreditação Hospitalar

No Brasil o processo de acreditação hospitalar é gerido pela ONA (Organização Nacional de Acreditação). A ONA foi fundada em 1999, sua metodologia de avaliação foi desenvolvida a partir da revisão dos modelos de acreditação e dos manuais da América Latina, dos Estados Unidos, Canadá, Espanha e Inglaterra (ONA, 2017).

O sistema de acreditação proporciona certificação em três níveis (ONA, 2017):

- Acreditado: a organização atende aos critérios de segurança do paciente em todas as áreas de atividade, incluindo aspectos estruturais e assistenciais. Válida por 2 anos.
- Acreditado pleno: a organização além de atender aos critérios de segurança, apresenta gestão integrada, com processos ocorrendo de maneira fluida e plena comunicação entre as atividades. Válida por 2 anos.
- Acreditado com excelência: a organização atende aos requisitos dos níveis 1,2 e 3, além demonstrar uma cultura organizacional de melhoria contínua com maturidade institucional. Válida por 3 anos

Apesar de bem-vinda, a certificação viabilizada pela acreditação não é a finalidade principal desse sistema, mas sim a melhoria contínua dos processos (OLIVEIRA *et al*, 2017).

A acreditação é um meio potencial à melhoria da qualidade nos serviços de saúde no mundo todo, além de possível estratégia competitiva (OLIVEIRA *et al*, 2017).

Antunes e Ribeiro (2005) avaliaram o Manual das Organizações Prestadoras de Serviços Hospitalares, desenvolvido pela Organização Nacional de Acreditação (ONA), identificando dificuldades e benefícios advindos da implantação do manual. Para tanto, realizaram um estudo de caso no hospital Moinhos de Vento (RS), e compararam o manual da ONA com a norma ISO 9001.

Antunes e Ribeiro (2005) compararam os requisitos do Manual e os requisitos da Norma NBR ISO 9001, concluindo que o manual consiste em um modelo de garantia da qualidade específico para operações hospitalares e estruturado por setores, enquanto que a Norma NBR ISO 9001/2000 apresenta um modelo genérico de gestão da qualidade com abordagem por processos.

O Manual das Organizações Prestadoras de Serviços Hospitalares exige a realização de um controle de qualidade para os setores, sem detalhar qual a forma e a abrangência de tal controle, já a NBR ISO 9001, determina a sistemática de medição e monitoramento do produto, controle de produto não-conforme, ações corretivas e ações preventivas (ANTUNES; RIBEIRO, 2005).

Alguns requisitos: manual da qualidade, definição de política e objetivos da qualidade são exigidos apenas pela Norma NBR ISO 9001 (ANTUNES; RIBEIRO, 2005).

Conforme Antunes e Ribeiro (2005) é possível uma organização ser acreditada e certificada na NBR ISO 9001, ou seja, ambos os modelos de gestão são compatíveis

e caso sejam integrados, melhores serão os resultados na qualidade da assistência à saúde.

Segundo Antunes e Ribeiro (2005) as maiores dificuldades no processo de acreditação foram a mudança de cultura, o envolvimento da equipe, e a sistematização de registros, entretanto, após a superação destas dificuldades, elas se tornaram as principais vantagens percebidas pelo hospital.

### **3 | PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DA ACREDITAÇÃO HOSPITALAR**

#### **3.1 Apresentação da Empresa Estudada**

Fundado em 7 de abril de 1999, o Hospital Alberto Urquiza Wanderley (conhecido na região como Hospital UNIMED) é o maior hospital da rede privada e também referência em alta complexidade no estado da Paraíba.

O hospital conta com uma equipe de 1.620 colaboradores, entre assistenciais e administrativos e 501 profissionais médicos que atuam em formato de cooperativa. Quanto a estrutura física o hospital possui 24.160 m<sup>2</sup>, distribuídos em 7 pavimentos, 12 salas cirúrgicas, 39 leitos de UTI e 230 leitos de internação.

#### **3.2 Histórico do processo de Acreditação Hospitalar**

As ações voltadas para implementação do sistema de gestão baseado no Manual da ONA teve seu início em 2008, quando o diretor do hospital buscava alternativas para melhoria do nível de qualidade dos serviços prestados aos pacientes. Após pesquisas desenvolvidas pela direção do hospital e participação em congressos e eventos direcionados a gestão hospitalar, a decisão de iniciar um processo preparatório para a acreditação hospitalar foi tomada.

A primeira ação para adaptar-se as novas demandas foi a definição de um analista da qualidade que iniciaria, junto com a direção, o planejamento para o projeto de certificação. Após etapas iniciais do planejamento, esta mesma equipe procurou no mercado nacional uma instituição acreditadora, com quem pudesse estabelecer um acordo de confiança para orientações quando as melhorias e adaptações que o hospital necessitaria realizar para atingir o objetivo esperado.

No ano de 2008 o hospital recebeu a primeira visita da equipe de avaliadores, com objetivo de realizar o diagnóstico inicial para detecção dos pontos de fragilidade que necessitavam ser sanados para evolução do plano rumo a acreditação nacional. Após a primeira visita a equipe de avaliadores apresentou um extenso relatório com diversas ações de melhoria que contemplavam desde adequações físicas a implementação de metodologias de gestão e padronização de atividades.

As avaliações da equipe de auditores da instituição acreditadora, seguiam-se a cada 6 meses, com o acompanhamento das recomendações deixadas bem como o direcionamento de novas oportunidades de melhoria apontadas. Até que no ano

de 2010, depois de um longo processo de mudança de cultura e busca incansável pela melhoria, o Hospital Alberto Urquiza Wanderley recebeu o título de Acreditação Nível I da ONA, tornando-se o primeiro hospital acreditado do estado da Paraíba, o que representou um grande diferencial competitivo firmando ainda mais o nome da instituição como um hospital de referência no estado.

A partir desta primeira conquista, a determinação da equipe se tornou ainda mais focada em alcançar novos patamares, o desafio agora seria elevar o nível da certificação para pleno, nível II da acreditação nacional. Para alcance deste objetivo a organização teria que além de atender aos critérios de segurança, apresentar gestão integrada, com processos ocorrendo de maneira fluida e plena comunicação entre as atividades.

Neste contexto a equipe que liderava o projeto evidenciou a necessidade de contar com a prestação de serviço de empresas especializadas em consultoria na em gestão da qualidade hospitalar. Assim foi contratada uma empresa de consultoria para auxiliar na mapeamento e interação entre os processos, pois estes são os pilares para o nível II. Outra ação tomada foi estruturar de forma mais consistente o setor de Gestão da Qualidade, contando não só com um analista, mas com coordenação e enfermeiros dedicados a atividades do sistema de gestão.

Desta feita, no ano de 2014 o hospital recebe o *up gride* de sua certificação, sendo agora Acreditado Pleno – Nível II da ONA. A conquista elevou o nível de confiança da gestão e colaboradores do hospital quanto aos ganhos tangíveis e intangíveis com a implementação de um sistema de gestão da Qualidade, pois a cultura e percepção dos colaboradores quanto a metodologias de trabalho e controles para melhoria se tornavam cada vez mais naturais, trazendo evolução para empresa e os colaboradores. Mas o trabalho não diminuiu, as avaliações permaneceram semestrais e a cada novo ciclo de auditorias uma série de recomendações e oportunidades de melhorias eram apresentadas. Ao fim das avaliações, a equipe da qualidade em conjunto com a gerencia e diretoria do hospital, desenvolvia estratégias internas para implementação do que foi deixado como recomendação.

Neste ritmo de trabalho e na busca pela excelência, no ano de 2017 o Hospital Alberto Urquiza Wanderley recebeu o título de Certificado com Excelência – Nível III da ONA, o mais alto nível de certificação de sistemas de saúde concedido pela Organização Nacional de Acreditação. Sempre a frente, o hospital manter-se como líder, sendo o único na Paraíba a ser certificado em nível 3. Representando um grande avanço e reconhecimento pois o princípio deste nível é a “excelência em gestão, assegurando que a instituição já demonstra uma cultura organizacional de melhoria contínua com maturidade institucional.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação do Sistema de Gestão da Qualidade e a busca pela adequação aos critérios estabelecidos no manual da ONA e cumprimento as recomendações apontadas pelos avaliadores trouxeram para organização um pensamento sistêmico e voltado para melhoria contínua, o que representa um ganho muito maior do que apenas o certificado, pois modela os colaboradores a pensarem em como sempre fazerem melhor suas atividades.

O desafio é constante, pois o fato de a organização ter o maior nível de certificação de qualidade nacional, não a exime de falhas que podem ocorrer em seus processos e que acarretem em consequências para a organização e para o paciente. Sendo indispensável uma postura de vigilância pela alta gestão e pelo setor de Gestão da Qualidade, afim de fazer valer os controles existentes, para que não se tornem só documentos ou regras estabelecias, mas para que agreguem real valor a organização e principalmente tornem a prestação de serviço ao paciente mais eficiente, segura e humanizada.

O processo de busca pela melhoria e certificação no Hospital Alberto Urqiza Wanderley, trouxe ganhos também para o estado, pois inspirando-se no caso de sucesso da instituição em questão, alguns outros hospitais e estabelecimentos de saúde no estado começaram a busca pela certificação, alguns inclusive já obtiveram os primeiros níveis do certificado.

## REFERÊNCIAS

ANTUNES, F.L.; RIBEIRO, J.L.D.R. **Acreditação hospitalar: um estudo de caso**. Revista Produção Online, v.5, n.1, p.1-27, 2005.

ARONSSON, H.; ABRAHAMSSON, M.; SPENS, K. **Developing lean and agile health care supply chains**. *Supply Chain Management: an International Journal*, v. 16, n. 3, p.176-183, 2011.

BRAVO, I. **Gestão de Qualidade em Tempos de mudanças**. Campinas, SP. Ed: Alínea, 2003.

BRITO, L. A. L. et al. **Práticas de gestão em hospitais privados de médio porte em São Paulo, Brasil**. *Cadernos de saúde pública*, v.33, n.3, p.1-16, 2017.

CAVALLINI, M. E.; BISSON, M. P. **Farmácia hospitalar: Um enfoque em sistemas de saúde**. 2. ed. Barueri: Manole, 2010.

CNES (Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde). Disponível em: < <http://cnes.datasus.gov.br/>> Acesso em: 08 julho, 2017.

CROSBY, P. **Os 14 Passos da Melhoria da Qualidade não terminam nunca**. Folha Management. São Paulo, 1995.

DEMING, W. E. **Out of the Crisis**. MIT Press, 1986.

FEIGENBAUM, A. V. **Total quality control**: 3rd edition. McGraw Hill: NY, USA, 1986.

GARVIN, D. A.. **What Does “Product Quality” Really Mean?** 1984, *Sloan Management Review*. Disponível em: <<http://sloanreview.mit.edu/article/what-does-product-quality-really-mean/>>. Acesso em: 04 maio 2013.

HOPP, W. J.; LOVEJOY W. S. **Hospital operations: principles of high efficiency health care**. Upper Saddle River, NJ: Pearson FT Press, 2013.

ISHIKAWA, K. **What is Total Quality Control? The Japanese Way**. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1985.

JURAN, J. M. **The Quality Improvement Process**. In *Juran’s Qualit Hondbook* 5.ed: Ed. MacGraw. Cambridge MA, 2000.

LUONGO, J. **Gestão de qualidade em saúde**. São Paulo: Rideel, 2011.

MALAGÓN-LODOÑO, G.; MORERA, R. G.; LAVERDE, G. P. **Administração hospitalar**. 2.ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2000.

MANZO, B. F.; RIBEIRO, H. C.; BRITO, M. J. M.; ALVES, M. **Nursing in the hospital accreditation process: practice and implications in the work quotidian**. Rev. Latino-Am. Enfermagem. v. 20, n.1, p. 151-158, 2012.

MEREDITH, J. O. *et al.* **Are we operating effectively? A lean analysis of operating theatre changeovers**. *Operations Management Research*, v. 4, n. 1, p. 89-98, 2011.

OLIVEIRA, J. L. C. *et al.* **Mudanças gerenciais resultantes da acreditação hospitalar**. Revista Latino-Am. Enfermagem, v.25, n.2851, p.1-8, 2017.

Organização Nacional de Acreditação. **Certificações concedidas**. Disponível em: < <https://www.ona.org.br> > Acesso em: 05 maio, 2017.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: UFSC, 2005.

SOUZA, V. H. S.; MOZACHI, N. **O hospital: manual do ambiente hospitalar**. 3. ed. Curitiba: Manual Real, 2009.

TAGUCHI, G. **On-line Quality Control During Production**. Tóquio: Japanese Standards Association, 1987.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e método**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

## SÍNDROME DE BURNOUT: NOVOS DESAFIOS PARA GESTÃO DE FUNCIONÁRIOS DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO

**Luís L'Aiglon Pinto Martins**

Universidade Cândido Mendes

Fortaleza - Ceará

**RESUMO:** O objetivo é descrever um estudo associado a transtornos mentais e estresse com funcionários do setor de manutenção. Realizou-se um estudo transversal com um universo de 30 trabalhadores, utilizando de questionários sócio demográfico, o Maslach Burnout Inventory (MBI) e o questionário Jbeili, com uma verificação estatística comparativa, através da Correlação de Person, para análise dos métodos e os resultados. As análises das respostas obtidas, apesar do número limitado de entrevistados, revelaram que estatisticamente uma parte do grupo sofre de alguma forma de Burnout, que nos leva a concluir que o trabalho de manutenção é estressante, com alta demanda psicológica e relações pessoais com hostilidade. A Síndrome de Burnout é um novo desafio para ser enfrentados por gestores e equipes e o ideal seria um aprofundamento maior desses estudos nas empresas, principalmente de serviços elétricos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Manutenção de Sistemas, Saúde do trabalhador, Transtornos mentais, Síndrome de Burnout.

**ABSTRACT:** The objective is to describe a study

associated with mental disorders and stress with collaborators of the maintenance sector. A cross-sectional study was conducted with a population of 30 workers, using a sociodemographic questionnaire, the Maslach Burnout Inventory (MBI) and the Jbeili questionnaire, with a comparative statistical verification, through Person Correlation, to analyze methods and results. The analysis of the responses, despite the limited number of interviewees, revealed that statistically a part of the group suffers from some form of Burnout, which leads us to conclude that the maintenance work is stressful, with high psychological demand and personal relationships with hostility. Burnout Syndrome is a new challenge to be faced by managers and teams and the ideal would be a greater deepening of these studies in companies, especially electrical services.

**KEYWORDS:** Systems Maintenance, Worker's Health, Mental Disorders, Burnout Syndrome.

### 1 | INTRODUÇÃO

Na sociedade que vivenciamos nos dias de hoje, cada vez mais guiada por valores capitalistas, o indivíduo inserido no mercado de trabalho enfrenta nas suas atividades, taxas elevadas de sobrecarga psicológica e estresse, motivadas pela competitividade. O trabalho é

um determinante do processo saúde-doença, cujo impacto sobre a saúde resulta da complexa relação do homem com seu trabalho, que, em decorrência das novas formas de organização e de gestão, cria situações de maior exigência para os trabalhadores.

O trabalho pode ser uma atividade prazerosa, levando a realização pessoal, mas dependendo do ambiente em que o trabalhador esteja envolvido, pode se transformar numa atividade geradora de conflitos, influenciando a saúde do trabalhador, levando a desmotivação, desinteresse e nos piores casos a doenças. Alguns estudos na área da Psicologia e Psiquiatria afirmam que os fatores psicossociais do trabalho englobam aspectos como sobrecarga (excesso de tarefas, pressão de tempo e repetitividade); subcarga (monotonia, baixa demanda, falta de criatividade); falta de controle sobre o trabalho (baixo poder de decisão sobre o que e como irá fazer); distanciamento entre grupos de mandos e de subordinados; isolamento social no ambiente de trabalho; conflito de papéis, conflitos interpessoais e falta de apoio social.

Podemos relacionar que na manutenção de equipamentos e transmissão de energia elétrica, são comuns situações que podem afetar a saúde mental dos trabalhadores, podemos destacar: Risco das intervenções (Para a vida humana e desligamentos acidentais do sistema elétrico), as determinações formais para atendimento, a produtividade exigida e responsabilidade de manter o sistema elétrico em bom funcionamento e sem ocorrências. Além do mais, o setor elétrico foi privatizado, nos anos 2000, levando a direcionar a principal preocupação das empresas na qualidade de serviços e produtos, deixando um pouco de lado a qualidade de vida dos trabalhadores. Todos os fatores levantados acima podem colocar os colaboradores do sistema elétrico em risco, pois o estresse relacionado ao trabalho põe em risco a saúde, sendo que de 50 a 80% de todas as doenças têm fundo psicossomático ou estão relacionadas ao nível de estresse (10).

As consequências mais comuns que o estresse traz no âmbito das empresas são: Absenteísmo (para recuperação da saúde física ou mental), atrasos (sendo um meio de adiar o retorno para uma situação de trabalho desagradável e estressante), baixo desempenho (se dá em virtude dos atrasos, levando mais tempo para efetuar determinada tarefa pela falta de compromisso), sabotagem (tomando atitudes temerárias, incluindo até roubar ou furtar os empregadores) e acidentes. Para o empregado, sabemos que existem ligações entre estresse e doenças oportunistas, tais como resfriados e gripes, que aparecem devida a maior vulnerabilidade do corpo a essas infecções virais durante os períodos elevados de estresse. Também devido ao estresse demasiado, apesar de colaboradores sem aspectos físicos de enfermidades, pode-se ter problemas na saúde mental.

Todos esses fatores elencados acima, aliados as péssimas condições de trabalho, podem colocar os empregados em risco para o estresse agudo, humor deprimido e a Síndrome de Burnout. Esta última doença será o foco desse estudo, visando contribuir para o avanço das pesquisas sobre o problema e dando melhores condições de se tomar as medidas preventivas necessárias, visto que na área de manutenção do

sistema elétrico existem poucos estudos sobre esse assunto.

## 2 | DESENVOLVIMENTO

No *Burn-out*, ou simplesmente Burnout, é um problema bastante antigo. O termo no jargão inglês, se refere àquilo que deixou de funcionar por absoluta falta de energia. Como gíria de rua, pode aludir àquele que se acabou pelo excesso de drogas (3). Outro pesquisador considera que Burnout é uma metáfora para significar aquilo, ou aquele, que chegou ao seu limite e, por falta de energia, não tem mais condições de desempenho físico ou mental (1).

A maioria dos autores indicam Herbert J. Freudenberger como o primeiro a utilizar esta denominação em seu artigo *Staff Burn-out*, datado de 1974, para alertar a comunidade científica dos problemas a que os profissionais de saúde estão sendo expostos em função do seu trabalho (2). No passado, muitas outras nomenclaturas foram utilizadas para descrever um similar estado mental como a capturada pela metamorfose *Burnout*, por exemplo, ‘overstrain’ (Breay, 1913), ‘neurocirculatory asthenia’ (Cohen & White, 1951), ‘surmenage’ (Tuke, 1882), e ‘fadiga industrial’ (Park, 1934). Sabemos que estes termos se referem aos aspectos negativos do trabalho que são considerados os que mais contribuem para a pobre condição mental dos trabalhadores. Todavia, o termo que se difundiu e se tornou popular foi o *Burnout*, e a propagação e o interesse dos seus estudos no meio científico devem ser creditadas a Freudenberger, a Christina Maslach e a Susan Jackson.

No contexto atual, alguns trabalhos ainda usam termos de várias denominações para o mesmo fenômeno. Alguns termos utilizados são: Estresse Laboral, Estresse Laboral Assistencial, Estresse Profissional, Estresse Ocupacional, Síndrome de queimar-se pelo trabalho, Neurose Profissional, Neurose de Excelência e Síndrome de Esgotamento Profissional.

Antes de entrarmos no entendimento do Burnout, se faz necessário termos a concepção de estresse. Essa palavra foi empregada popularmente no século XVII significando fadiga e cansaço, quando nos séculos XVIII e XIX, o conceito tornou-se força, esforço e tensão. O endocrinologista Hans Selye como resultados dos seus experimentos em ratos definiu o estresse como “o estado de um organismo, manifestado por uma síndrome específica temporária ou não, que consiste em todas as mudanças de natureza não específicas induzidas dentro de um sistema biológico” (9).

Outro conceito de estresse é que o mesmo sobrevém quando os recursos disponíveis estão aquém das demandas, isto é, a pessoa avalia aquilo que lhe é solicitado, seja no plano físico, emocional ou social, e a solicitação está além de suas capacidades. O menor sentimento de ansiedade ou tensão se atribui ao estresse, que acabou por se transformar quase em um sinônimo de qualquer tipo de alteração, em

geral negativa, sentida pelo indivíduo.

Os estímulos que levam ao estresse, ou seja, que venham a interferir no equilíbrio homeostático do organismo, podem ter um caráter físico (provenientes do ambiente externo como frio ou calor intenso, acidentes, fome, dor, etc.), cognitivo (ameaçadores à integridade do indivíduo ou a seu patrimônio) ou emocional (provas, medo, etc.). O estresse é a resposta a esse estímulo, isto é, a necessidade de vir a aumentar o ajuste adaptativo, para retornar ao estado de equilíbrio e reaver o estado de equilíbrio inicial.

Desta forma, a exposição progressiva a esses fatores estressores, levam ao esgotamento físico e mental, interferindo na qualidade de vida e aumentando as chances dos trabalhadores em risco de desenvolverem a síndrome de Burnout. Essa doença é uma resposta a um estado prolongado de estresse, ocorre pela cronificação deste, quando os métodos de enfrentamento as causas do estresse falharam ou foram insuficientes (1).

## 2.1 Métodos de Avaliação do Burnout

No entendimento de Maslach, agregado ao estudo de alguns atores (8), o instrumento para avaliação desse fenômeno psicossocial que surge como resposta aos estressores interpessoais crônicos presentes no trabalho é constituído de três dimensões: Exaustão Emocional (EE) - falta ou carência de energia, entusiasmo e sentimento de esgotamento de recursos psíquicos próprios; Despersonalização (DE) - o trabalhador passa a tratar os clientes, colegas e a própria organização de forma impessoal, distanciando-se dele; e a Realização Profissional (RP) - o trabalhador tende a se autoavaliar negativamente, passando a se sentir infeliz e insatisfeito com seu desenvolvimento profissional.

Para a avaliação do Burnout realizou-se um estudo epidemiológico transversal com trabalhadores pertencentes a dois setores de manutenção: Proteção do sistema elétrico e de telecomunicações, com escritórios em Fortaleza - Ceará e pertencentes a Gerência Regional Norte da Companhia Hidroelétrica do São Francisco. Os trabalhadores têm as mesmas atribuições de manter preventivamente e corretivamente (quando necessário), equipamentos elétricos e eletrônicos presentes em 17 subestações e 2 usinas. De início, a proposta da pesquisa era para todos os 39 trabalhadores que pertenciam a esses setores. De todos os trabalhadores, 77% (30) participaram e responderam a todas as perguntas do questionário, aplicado no período de Agosto de 2015. Os objetivos da pesquisa foram esclarecidos pelo pesquisador na entrega dos questionários em mãos e as chefias autorizaram a utilização desses dados. Não houve como ter a totalidade dos participantes nessa pesquisa, pois alguns não quiseram responder, outros estavam viajando a serviço, outros se encontravam de férias ou de licença médica.

Foi utilizado um questionário padronizado, contendo três conjuntos de questões com informações do estilo de vida e sócio-demográficas; e informações relacionadas aos fatores psicossociais do trabalho. A investigação realizada utilizou três instrumentos

de captação de dados dos participantes: Questionário sócio-demográfico (QSD); Inventário de Burnout de Maslach (MBI); e Questionário de Jbeili.

O questionário sócio-demográfico utilizado é composto pelos itens: Idade, gênero, estado civil, habilitações, situação profissional e número de filhos. Tendo em conta o tema e objetivos do estudo, foram acrescentadas as variáveis: Tempo na empresa, faltas ao serviço e mudanças de profissão, empresa e serviço.

Dentre os questionários de auto-preenchimento para avaliação da síndrome, um dos mais utilizados no mundo é o MBI (Maslach Burnout Inventory), as suas três versões (HSS, ED e GS) foram traduzidas e adaptadas a diversos idiomas. O Maslach e Jackson pode ser respondido através de uma escala do tipo Likert de 7 pontos, indo de “0” como nunca a “6” diariamente. De seus 22 itens, 9 questões (1,2,3,6,8,13,14,16 e 20) são relativos à dimensão Exaustão Emocional (EE), 5 questões (5,10,11,15 e 22) à Despersonalização (DE) e 8 questões (4,7,9,12,17,18,19 e 21) à Realização Profissional (RP). Considera-se em *Burnout* uma pessoa que tenha altas pontuações em EE e DE, associadas a baixos valores em RP. Para as dimensões temos três intervalos que indicam o nível de *Burnout*. Na EE temos um nível alto da síndrome para valores acima de 27 pontos, médio entre 19-26 e baixo para valores até 19. Já na DE temos como alto para pontuações maiores a 10, médios entre 6-9 e inferior abaixo de 6. Finalizando na RP, temos o oposto, com número maiores que 40 indicando baixo, entre 34-39 o médio e menor ou igual a 33 um alto nível de *Burnout*. A composição dos 22 itens é mostrada na figura, ver Figura 1.

Alguns escritores sobre o Burnout comentam que “apesar do MBI não está disponível para comercialização no Brasil e, talvez por isso, observa-se um grande número de traduções para o português, além do fato desta síndrome ter sido pouco divulgada e estudada entre nós” (1). Assim, no Brasil encontramos estudos de tradução, adaptação e validação em vários segmentos profissionais, principalmente nas áreas de saúde e educação.

O outro instrumento utilizado para avaliação é o Questionário Jbeili, que foi elaborado e adaptado por Chafic Jbeili, inspirado no MBI. Segundo o autor desse método, este questionário, com objetivo de identificar preliminarmente o *Burnout*, é de uso informativo e não substitui um diagnóstico realizado por médico ou psicoterapeuta (4). O Jbeili é respondido por uma escala de frequência de cinco pontos que vai de um (nunca) até cinco (diariamente). São 20 itens a serem respondidos marcando “X” na coluna correspondente ao valor de frequência. O exemplo de questionário é verificado abaixo, ver Figura 2.

Os resultados podem ser interpretados de acordo com os intervalos da pontuação dada no somatório das questões. Assim de 0 a 20 pontos indica nenhum indício da *Burnout*, de 21 a 40 pontos já existe uma possibilidade de desenvolver *Burnout*, de 41 a 60 pontos indica uma fase inicial da doença, no intervalo 61 a 80 pontos a síndrome começa a se instalar e finalmente de 81 a 100 pontos o indivíduo pode estar em uma fase considerável da *Burnout*.

Nº	Características psicofísicas em relação ao trabalho	1	2	3	4	5	6	7
1	Eu sinto-me emocionalmente esgotado por causa do meu trabalho.							
2	Eu sinto-me esgotado no fim do meu dia de trabalho.							
3	Eu sinto-me fatigado quando me levanto de manhã e tenho de enfrentar outro dia de trabalho.							
4	Posso facilmente compreender como os meus colegas se sentem acerca das coisas que acontecem							
5	Sinto que trato alguns colegas como se fossem objetos impessoais.							
6	Trabalhar com pessoas todo o dia é realmente um esforço para mim.							
7	Eu lido eficazmente com os problemas relacionados ao meu trabalho.							
8	Eu sinto mau estar por causa do meu trabalho.							
9	Sinto que estou a influenciar positivamente as vidas de outras pessoas através do meu trabalho.							
10	No meu trabalho, sinto-me mais insensível para com as pessoas.							
11	Aborreço-me pois o tipo de trabalho que desempenho me pressiona bastante emocionalmente.							
12	Sinto-me cheio de energia.							
13	Eu sinto-me frustrado por causa do meu trabalho.							
14	Eu sinto que estou trabalhando demasiadamente na minha profissão.							
15	Não me importo muito com o que acontece com meus colegas.							
16	Trabalhar diretamente com as pessoas causa-me muito stress.							
17	Eu consigo criar facilmente um ambiente descontraído no trabalho.							
18	Sinto-me estimulado após um dia de sucesso no trabalho.							
19	No trabalho que desempenho tenho realizado muitas coisas válidas.							
20	Sinto que estou no fim dos meus recursos							
21	No trabalho lido com problemas emocionais de uma forma muito calma.							
22	Sinto que os meus colegas me culpam por alguns dos seus problemas.							

Figura 1 - Questionário de Burnout de Maslach.

Fonte: MASLACH, 2001

Nº	Características psicofísicas em relação ao trabalho	1	2	3	4	5
1	Sinto-me esgotado(a) emocionalmente em relação ao meu trabalho					
2	Sinto-me excessivamente exausto ao final da minha jornada de trabalho					
3	Levanto-me cansado(a) e sem disposição para realizar o meu trabalho					
4	Envolve-me com facilidade nos problemas dos outros					
5	Trato algumas pessoas como se fossem da minha família					
6	Tenho que desprender grande esforço para realizar minhas tarefas laborais					
7	Acredito que eu poderia fazer mais pelas pessoas assistidas por mim					
8	Sinto que meu salário é desproporcional às funções que executo					
9	Sinto que sou uma referência para as pessoas que lido diariamente					
10	Sinto-me com pouca vitalidade, desanimado(a)					
11	Não me sinto realizado(a) com o meu trabalho					
12	Não sinto mais tanto amor pelo meu trabalho como antes					
13	Não acredito mais naquilo que realizo profissionalmente					
14	Sinto-me sem forças para conseguir algum resultado significativo					
15	Sinto que estou no emprego apenas por causa do salário					
16	Tenho me sentido mais estressado(a) com as pessoas que atendo					
17	Sinto-me responsável pelos problemas das pessoas que atendo					
18	Sinto que as pessoas me culpam pelos seus problemas					
19	Penso que não importa o que eu faça, nada vai mudar no meu trabalho					
20	Sinto que não acredito mais na profissão que exerço					

Figura 2 - Questionário de Jbeili.

Fonte: JBEILI, 2008

## 2.2 Resultados das Avaliações do Burnout

Foram digitados todos os valores no Microsoft Office Excel 2010, afim de calcularmos todas as porcentagens, médias e desvio padrões. Também foi alimentado o banco de dados do software estatístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versão 18, que através do método de correlação de Person, os dados dos questionários compostos pelas variáveis demográficas e as três dimensões de *burnout* poderiam ser relacionados.

Alguns dados são destaque nesse questionário, podemos analisar que a média (M) de idade dos trabalhadores foi de 42,66 anos, ficando compreendida entre 26 e os 63 anos e desvio padrão (DP) =10,85, estando 67% na faixa de 20 a 39 anos. No que se refere ao gênero, a amostra é constituída por: 26 participantes (87%) do sexo masculino e 4 participantes (13%) do sexo feminino. Os casados são 65%, enquanto solteiros 25% e divorciados 10%. Referente ao número de faltas no serviço no ano, 14 nunca faltaram (47%), 13 raramente (43%), 1 faltou algumas vezes (3%) e 2 faltaram bastante (7%). Relacionado ao nível da categoria profissional, 33% são engenheiros e 67% são técnicos perante a empresa, sendo que desses 33% tem somente o nível técnico, 50% tem nível superior, 7% pós-graduação e 10% mestrado. O tempo em que

desempenham as funções estão entre 7 e 36 anos de serviço (M=21,15; DP=10,64), sendo que trabalham na mesma empresa entre 4 e 36 anos (M=17,75; DP=11,62). Podemos resumir todos os detalhes desse questionário em uma tabela, ver Tabela 1.

Variável	N	%	Variável	N	%
<b>Sexo</b>			<b>Anos de empresa</b>		
· Masculino	26	87	· <10	10	33
· Feminino	4	13	· 10 a 20	12	40
<b>Faixa Etária</b>			· >20	8	27
· 20 a 39	15	50	<b>No ano faltou</b>		
· 40 a 49	5	17	· Nunca	14	47
· >50	10	33	· Raramente	13	43
<b>Habilitações Escolares</b>			· Algumas vezes	1	3
· Técnico	10	33	· Bastante	2	7
· Superior	15	50	<b>No mês faltou</b>		
· Pós-graduação	2	7	· Nunca	22	73
· Mestrado	3	10	· Raramente	5	17
<b>Categoria Profissional</b>			· Algumas vezes	1	3
· Técnico	20	67	· Bastante	2	7
· Engenheiro	10	33	<b>Trabalha</b>		
<b>Estado Civil</b>			· Com Colegas	27	90
· Solteiro	6	25	· Sozinho	3	10
· Casado	21	65	<b>Mudaria de Profissão</b>		
· Divorciado	3	10	· Não	21	70
<b>Filhos e Dependentes</b>			· Sim	9	30
· 0 a 3	23	77	<b>Mudaria de empresa</b>		
· > 3	7	23	· Não	18	60
<b>Anos de Profissão</b>			· Sim	12	40
· <10	4	13	<b>Mudaria de serviço</b>		
· 10 a 20	15	50	· Não	13	43
· >20	11	37	· Sim	17	57

Tabela 1 - Características sócio-demográficas dos participantes

Fonte: Elaboração do autor.

Para o questionário de MBI, os dados das três dimensões foram plotados nos gráficos representados os níveis de *Burnout*, ver Figura 3. Podemos analisar a prevalência da síndrome utilizando os seguintes aspectos apresentados por dois pesquisadores. Conforme Ramirez, o *burnout* está presente quando se encontram altas pontuações em cansaço emocional e despersonalização e baixas pontuações na subescala de realização pessoal. Grunfeld por sua vez, consideram o diagnóstico de *burnout* quando o indivíduo pontua nível alto em cansaço emocional ou despersonalização, ou nível baixo em realização pessoal (6). Assim, pelos valores encontrados e plotados nos gráficos, verificamos que já existem pessoas que podem desencadear a síndrome.

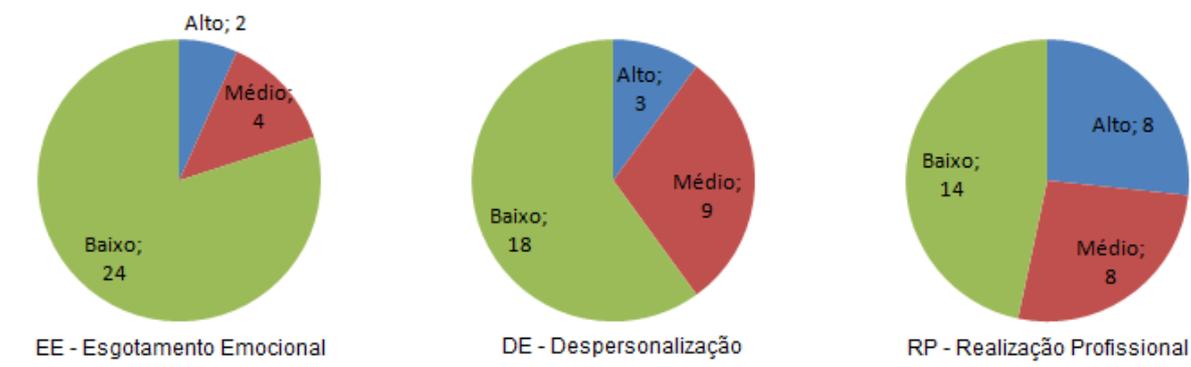


Figura 3 - Resultado do questionário MBI nas três dimensões.

Fonte: Elaboração do autor.

Para o questionário Jbeili, encontrou-se as seguintes informações que estão resumidas na tabela abaixo, ver Tabela 2, indicando que existem pessoas que já estão desenvolvendo os primeiros sintomas de *Burnout*. Quando comparamos com o resultado do questionário MBI, vemos que existe uma relação de igualdade nos dados e resultados.

Intervalos	0-20 (Baixo)	21-40	41-60 (Médio)	61-80	81-100 (Alto)
Quantidade	12	14	4	0	0
% do Total	40	47	13	0	0

Tabela 2 - Resultado do questionário Jbeili.

Fonte: Elaboração do autor.

Por meio da análise de correlação de Person ( $r$ ), que mede o grau de relação entre duas variáveis de escala métrica, a variação fica no intervalo de -1 a 1, significando:

- a.  $r = 1$ , correlação perfeita entre as duas variáveis.
- b.  $r = -1$ , correlação negativa entre duas variáveis, isto é, quando uma aumenta a outra sempre diminui.
- c.  $r = 0$ , significa que as duas variáveis não dependem uma da outra.

Comparando alguns dos dados do primeiro questionário (QSD) e o segundo (MBI), verificamos nos resultados que existe uma associação negativa e significativa da idade com a dimensão de exaustão emocional (EE) ( $r = -0,57$ ), isto é, quanto maior a idade, menor será a exaustão emocional. Analisando a dimensão de despersonalização (DE) associado a variável idade ( $r = -0,39$ ), vemos que quanto maior a idade menor a tendência de um contato frio e impessoal em relação às pessoas do ambiente de trabalho. Para finalizar, checamos que ( $r = 0,27$ ) relacionado a realização profissional (RP) e o tempo de empresa, significa que esse sentimento esta mediamente relacionado

ao tempo do trabalhados na empresa, ver Tabela 3.

	EE	DE	RP	Idade	Filhos	T. Empr.
EE	X	0,65	-0,42	-0,57	-0,12	-0,57
DE	0,65	X	-0,51	-0,39	0,30	-0,14
RP	-0,42	-0,51	X	0,13	-0,37	0,27
Idade	-0,57	-0,039	0,13	X	0,53	0,91
Filhos	-0,19	0,30	-0,37	0,53	X	0,33
T Empr.	-0,57	-0,14	0,27	0,91	0,33	X

Tabela 3 - Matriz de correlação entre as três dimensões de burnout e variáveis demográficas.

Fonte: Elaboração do autor.

### 3 | CONCLUSÃO

Conforme os resultados dos questionários aplicados, podemos verificar que no MBI, que alguns dos funcionários apresentavam no domínio da exaustão emocional (EE) um médio ou alto índice indicando sobrecarga no trabalho. No domínio da despersonalização (DE) verificamos que o alto índice indica que as pessoas deixam de fazer o melhor, passando a fazer o mínimo necessário. Na dimensão da realização profissional (RP) os índices foram considerados altos, com isso podemos reforçar uma hipótese de que existe uma sensação nos funcionários de que escolheram a carreira errada, passando a ter uma péssima consideração de si mesmos e dos outros.

O objetivo inicial dessa pesquisa era verificar através de pesquisa e utilização de dados estatísticos a existência da síndrome de *Burnout* nos entrevistados. Os resultados obtidos comprovam que podemos ter funcionários com o começo dessa doença ou que estão passando por algum desgaste físico e emocional.

Concluimos que, o ambiente psicossocial empresarial onde o trabalhador se encontra envolvido, tem uma parcela determinante no estado de saúde mental desses indivíduos. O apoio dos colegas e supervisores podem mitigar os sintomas do estresse nesses ambientes. Esse estudo apontou essas relações entre a estrutura e o ambiente de trabalho, com a interação entre colegas e chefias, e de como realizam suas atividades. Quando há uma discrepância entre esses itens, haverá um risco maior de desenvolvimento do *burnout*.

Destacamos que pela limitação do número reduzido de entrevistados no estudo, o resultado encontrado não pode ser generalizado, o ideal seria um aprofundamento maior, aumentando a quantidade de entrevistados em futuros estudos e analisando outros aspectos encontrados nessa e em outras pesquisas. Diante dessas informações, poderemos ampliar os conhecimentos, visto que a literatura sobre esse problema ainda está dando os primeiros passos e no caso de funcionários de empresas de serviços elétricos o número de trabalhos é menor ainda.

## REFERÊNCIAS

- (1) Benevides, A. M. Burnout: Quando o trabalho ameaça o bem-estar do trabalhador. 1. ed. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2014.
- (2) Benevides-Pereira A.M. MBI-Maslach Burnout Inventory e suas adaptações para o Brasil. In: Anais da XXXII Reunião Anual de Psicologia. Rio de Janeiro, 84-85, 2001.
- (3) França, H.H; A Síndrome de “Burnout”. Revista Brasileira de Medicina, p.44, 197-199, 1987.
- (4) Jbeili, C. Síndrome de Burnout em professores: Identificação, tratamento e prevenção. Cartilha informativa a professores. Brasília - DF. Brasil, 2008.
- (5) Laurell, A.C.; Noriega M. Processo de produção e saúde: Trabalho e desgaste operário. São Paulo: Hucitec;1989.
- (6) Moreira, D.S; Magnago, R.F.;Sakae, T.M.; Magajewski. F.R.L.; Prevalência da síndrome de burnout em trabalhadores de enfermagem de um hospital de grande porte da Região Sul do Brasil. 2009. Disponível em [http:// www.scielo.br/pdf/csp/v25n7/14.pdf](http://www.scielo.br/pdf/csp/v25n7/14.pdf). Acesso em: 25 de Maio de 2015.
- (7) Sauter, S.L.; Murphi, L.R.; Hurrell, J.J.; Levi, L. Factores psicosociales de organization. In: Stellman JM, directora de edición. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Madrid: Organización Internacional Del Trabajo: 1998. v.2,p.34.1-87.
- (8) Pallazo, L.S.; Carlotto, M.S.; Aerts, D.R.G.; Síndrome de Burnout: Estudo de base populacional com servidores do setor público. 2012. Disponível em [www.scielo.br/pdf/csp/v22n5/14.pdf](http://www.scielo.br/pdf/csp/v22n5/14.pdf). Acesso em 10 de Jan de 2015
- (9) Seyle, H.; The stress of life. New York, McGrawHill, 1965.
- (10) Souza, S.F; Carvalho, F.M.; Araújo, T.M.; Porto, L. A.; Fatores psicossociais do trabalho e transtornos mentais comuns em eletricitários. 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v44n4/15.pdf>. Acesso em 13 Janeiro de 2015.

## TEORIA DAS FILAS PARA DIMENSIONAMENTO DE ATENDENTES EM EMPRESA DE SOFTWARE

### Ivete Linn Ruppenthal

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai  
e das Missões – URI  
Santo Ângelo – Rio Grande do Sul

### Fernanda Klein Both

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai  
e das Missões – URI  
Santo Ângelo – Rio Grande do Sul

### Fabício Desbessel

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai  
e das Missões – URI  
Santo Ângelo – Rio Grande do Sul

### João Serafim Tusi da Silveira

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai  
e das Missões – URI  
Santo Ângelo – Rio Grande do Sul

**RESUMO:** A análise de filas visa proporcionar um serviço considerado satisfatório aos clientes em espera por atendimento e, viável economicamente para o provedor do serviço. Por meio da Teoria das Filas podem-se determinar medidas de desempenho para dimensionar o sistema, de forma a suprir as demandas existentes. Neste sentido, realizou-se este estudo em uma empresa de Software, a qual presta serviço ao cliente através de um setor de atendimento. O objetivo é dimensionar o número adequado de atendentes de suporte, baseado em cálculos matemáticos da Teoria das

Filas. O problema de pesquisa é saber quantos atendentes de suporte são necessários para não haver acúmulo de chamados em espera. Para delinear a pesquisa, a mesma foi classificada em dois aspectos, quanto aos fins, foi de natureza descritiva, explicativa e aplicada. Quanto aos meios, a pesquisa foi bibliográfica, documental e estudo de caso. A coleta de dados se deu por meio de pesquisa bibliográfica, documental e entrevista, para posterior análise e discussão dos resultados. Foi necessário verificar a quantidade média de chamados que chega ao suporte, estimar o tempo médio de atendimento dos chamados, para poder dimensionar o número de atendentes necessários no suporte para não ocasionar o congestionamento do sistema. Através deste estudo foi possível identificar que ao operar com sete atendentes, o sistema entra em congestionamento, pois a fila cresce infinitamente. Por fim, pode-se sugerir que o suporte seja composto por uma equipe de nove colaboradores, para que o sistema esteja adequadamente dimensionado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Teoria das Filas. Dimensionamento. Suporte.

**ABSTRACT:** Queuing analysis aims to provide a service considered satisfactory to customers waiting for service and also economically viable for the service provider. through the Queuing Theory it is possible to determine performance

measures to size the system in order to meet the existing demands. In this sense, this study was applied in a Software company, which provides customer service through a service sector. The goal is to size the appropriate number of support assistants, based on mathematical calculations of Queue Theory. The research problem is to know how many support desk attendants are needed to avoid the accumulation of call waiting. To delineate the research, it was classified in two aspects, in terms of purposes, it is descriptive, explanatory and applied. As for the means, the research is bibliographical, documentary and case study. The data collection was done through bibliographical research, documentary and interview, for analysis and discussion of the results. It was necessary to verify the average number of calls arriving at the support to estimate the average time of the call's attendance, in order to be able to measure the number of attendants needed in the support to not cause the congestion of the system. Through this study it was possible to identify that when operating with seven attendants, the system enters into congestion, because the queue grows infinitely. Finally, it can be suggested that the support be composed of a team of nine employees, so that the system is properly sized.

**KEYWORDS:** Queue Theory. Sizing. Support.

## 1 | INTRODUÇÃO

No dia a dia é comum a formação de filas de espera em diversas situações, como em supermercados, agências bancárias, no trânsito, processamento de dados, peças esperando por manufatura, atendimento a clientes. É notório que não é possível eliminar totalmente a fila de espera, porém o que pode ser feito é um adequado dimensionamento, procurando estabelecer tempos de espera toleráveis, buscando satisfazer os envolvidos.

Andrade (2015, p. 94) destaca que “um dos sintomas mais frequentes de funcionamento deficiente de um sistema é o congestionamento de clientes”. Quando o número de clientes esperando por atendimento, constantemente for muito elevado, pode-se entender que o número de atendentes não está dimensionado de forma a suprir as demandas existentes. Neste sentido, torna-se importante o estudo das filas para que se possa, através de cálculos matemáticos, dimensionar o número adequado de profissionais para efetuar o atendimento de forma a manter o andamento da fila em um ritmo adequado.

Vários estudos foram desenvolvidos em sistemas de filas. Conforme Hillier e Lieberman (2013), a empresa Xerox Corporation ao adotar um sistema novo de cópia, os técnicos da empresa teriam que reduzir o tempo de espera dos clientes para reparar as máquinas. Foi aplicado o estudo de filas para verificar como atender as exigências de forma eficiente, onde se definiu pela substituição das “zonas de atendimentos” com um técnico, por “zonas” com três técnicos. O impacto desta alteração reduziu os tempos médios de espera dos clientes, bem como resultou no aumento da utilização

dos técnicos em 50%.

Ainda, os autores destacam o estudo de filas realizado na L.L.Bean, a maior empresa de telemarketing e vendas por correio, para definir como alocar seus atendentes. Os aspectos a serem definidos pelo estudo era a quantidade de linhas necessárias para suprir a demanda de telefonemas que chegavam ao *call center*; a quantidade de atendentes de telemarketing necessários; e, quantas linhas de espera deveriam ser fornecidas para os clientes que aguardavam por atendimento.

Diante deste contexto, realizou-se um estudo em uma empresa desenvolvedora de Software, a qual presta serviço de auxílio às dúvidas do usuário final do sistema através de um setor de atendimento ao cliente, e possui a necessidade de mensurar a quantidade de atendentes para que os chamados fiquem na fila de espera em um período considerado aceitável pelo cliente e pelo provedor do serviço, buscando um equilíbrio. Neste sentido, surge o problema de pesquisa: Quantos atendentes de suporte são necessários para não haver acúmulo de chamados em espera?

Desta forma, visou-se dimensionar o número de atendentes de suporte em uma empresa de Software, baseado em cálculos matemáticos da Teoria das Filas. Para tal, foi necessário verificar a quantidade média de chamados que chega ao suporte, estimar o tempo médio de atendimento dos chamados, e por fim, analisar os fatores que ocasionam o congestionamento do sistema.

Este artigo está estruturado em seções, onde na introdução apresenta-se o tema central do estudo, o objetivo, bem como o problema de pesquisa. Na segunda seção encontra-se o referencial teórico que teve a finalidade de demonstrar os principais conceitos relacionados à Teoria das Filas. Após, consta a metodologia utilizada para a realização do estudo. Na seção quatro consta a análise e discussão dos resultados e por fim, as considerações finais do estudo e sugestão de trabalhos futuros.

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Teoria das filas

A Pesquisa Operacional é uma ciência aplicada, com diversas aplicações na Administração das organizações para a tomada de decisão, utilizando conceitos e métodos de várias áreas científicas para o planejamento e operação de sistemas. De acordo com Andrade (2015) uma das ferramentas de tomada de decisão da Pesquisa Operacional é a Teoria das Filas, a qual aborda problemas de “congestionamento de sistemas”, que consiste na chegada de clientes em busca de algum serviço. Um sistema de filas pode ser definido como um processo de clientes chegando, que querem ser atendidos e que, se não forem atendidos imediatamente, deverão esperar até que o serviço solicitado possa ser prestado e, após serem atendidos, saem do sistema.

Para Hillier e Lieberman (2013) a decisão mais comum a ser tomada em um sistema de filas é a quantidade de atendentes necessários para suprir a demanda.

Contudo, há várias outras decisões a serem consideradas, como o número de atendentes em um posto de atendimento; a eficiência dos atendentes; o número de postos de atendimento; o dimensionamento do tempo de espera do cliente na fila; e, quaisquer prioridades para categorias de clientes.

Os mesmos autores ponderam que as principais considerações para a tomada de decisões são basicamente: o custo da capacidade de atendimento gerado pelo sistema de filas, e as implicações de fazer os clientes esperarem. Considera-se que disponibilizar muita capacidade de atendimento provoca custos elevados e, disponibilizar pouca capacidade provoca muito tempo de espera. Neste sentido, o objetivo é procurar um equilíbrio entre o custo de atendimento e tempo de espera pelo cliente.

Existem duas abordagens básicas para procurar alcançar esse equilíbrio. Uma é estabelecer um ou mais critérios para um nível de atendimento satisfatório em termos de quanto tempo de espera seria aceitável. Por exemplo, um critério poderia ser que o tempo de espera previsto no sistema não poderia exceder determinado número de minutos. Outro poderia ser que pelo menos 95% dos clientes deveriam esperar não mais de certo número de minutos no sistema. Critérios similares em termos do número de clientes previstos no sistema (ou a distribuição probabilística desse número) também poderiam ser usados. Os critérios também poderiam ser colocados em termos do tempo de espera ou do número de clientes na fila em vez de no sistema. Assim que o critério ou critérios tiverem sido selecionados, então, normalmente é simples usar um método de tentativa e erro para encontrar o desenho do sistema de filas menos oneroso que satisfaça todos os critérios (HILLIER E LIEBERMAN, 2013, p. 774).

Pode ocorrer que, em determinado momento do dia, não há clientes solicitando por atendimento, enquanto que em determinado período o número de clientes solicitando atendimento é superior à capacidade de atendimento dos atendentes, provocando congestionamento no sistema. “São essas irregularidades nas ocorrências dos eventos que determinam o funcionamento desse tipo de sistema e que serão expressas em termos probabilísticos no estudo da Teoria das Filas” (ANDRADE, 2015, p. 94).

Hillier e Lieberman (2013) destacam a necessidade de especificar o padrão estatístico pelos quais os clientes são gerados ao longo do tempo. Normalmente eles são gerados de acordo com um processo de Poisson, ou seja, o número de clientes gerado até determinado momento tem uma distribuição de Poisson. Nesse caso as chegadas ao sistema de filas ocorrem aleatoriamente, porém, a certa taxa média fixa, independentemente de quantos clientes já se encontrarem lá.

Geralmente os postos de atendimento são compostos por pessoas, instalações e equipamentos que devem operar em sintonia para prestar um serviço de qualidade. Neste sentido, há diversos elementos possíveis de serem administrados visando aperfeiçoar o desempenho do sistema, sendo o dimensionamento da capacidade, o treinamento dos atendentes, as rotinas administrativas e, os sistemas de informações, entre outros (ANDRADE, 2015).

Ainda de acordo com o autor, os elementos das filas podem ser observados, estudados, avaliados e melhorados. “O resultado da interação desses fatores aparece,

para o cliente, como o tempo gasto em cada atendimento ou como o número de atendimentos que o sistema consegue fornecer. Assim, essas são as variáveis que o administrador deve observar em primeiro lugar”. Inicialmente no estudo de um sistema de filas deve-se fazer o levantamento do número de clientes atendidos por unidade de tempo, ou do tempo que leva cada atendimento. Esse tempo pode ter a mesma duração, ou pode ser aleatório, sendo que esta é a situação mais comum, em que cada atendimento possui um tempo diferente.

Neste sentido, Taha (2008) corrobora afirmando que na maioria dos casos, a chegada dos clientes acontece de forma totalmente aleatória. Neste caso, a aleatoriedade significa que a ocorrência de um evento não sofre influência pelo tempo decorrido desde a ocorrência do último evento. “Intervalos de tempo entre chegadas aleatórias e tempos de serviço também aleatórios são descritos quantitativamente em modelos de fila pela distribuição exponencial [...]” (TAHA, 2008, p. 248).

Taha (2008) afirma que a disciplina da fila é um importante fator na análise das filas, pois representa a ordem em que os clientes serão atendidos. Esse atendimento pode ser feito por ordem de chegada (o primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido), por ordem inversa de chegada (o último a chegar é o primeiro a ser atendido), ou também, os clientes podem ser selecionados por prioridade, por exemplo, serviços urgentes ou emergências, primeiro.

Andrade (2015) expõe ainda que os sistemas de filas possuem diversas estruturas, e cada situação necessita de uma análise diferente. A estrutura mais simples de filas é apresentada na figura 1, onde se tem um sistema de uma fila e um canal.



Figura 1: Sistema de uma fila e um canal

Fonte: Andrade (2015).

Neste contexto, para Virgillito (2018) a solução dos problemas de filas deve analisar de que forma as chegadas dos clientes são processadas, para que seja possível delinear o sistema de atendimento, definindo o local do atendimento, local destinado à espera, quantidade de postos de atendimento, número de pessoas ou máquinas necessárias para processar a fila e realizar o atendimento no tempo esperado e considerado satisfatório.

### 2.1.1 Modelos de filas com diversos servidores

Taha (2008) cita que as variações que ocorrem nos elementos e situações de fila originam variados modelos de filas. Neste estudo será considerado o modelo de filas com diversos servidores. Para Andrade (2015) as principais características deste modelo são:

- As chegadas são processadas conforme a distribuição de Poisson, com média de chegadas por unidade de tempo;
- Os tempos de atendimento, por canal, seguem a distribuição exponencial negativa;
- O atendimento é feito por ordem de chegada;
- O número de canais de serviço no sistema é  $S$ ;
- O número de clientes é suficientemente grande para que a população possa ser considerada infinita.

Pode-se verificar na figura 2 um exemplo de uma fila e vários canais de atendimento:

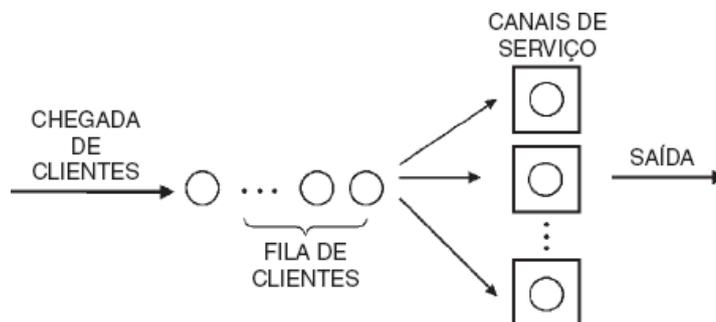


Figura 2 - Modelo de sistemas com uma fila e vários canais

Fonte: Andrade (2015).

Moreira (2010) destaca que este tipo de modelo consiste em uma fila de espera, com dois ou mais canais de atendimento, cada qual atendendo de maneira independente das demais.

### *2.1.2 Medidas da efetividade de um sistema*

O objetivo da análise das filas é proporcionar um serviço considerado satisfatório aos clientes em espera por atendimento. Através da teoria das filas pode-se determinar medidas de desempenho de filas de espera, como por exemplo, o tempo médio de espera na fila e a produtividades do provedor do serviço, medidas estas que podem ser utilizadas para delinear a instalação do serviço. “O estudo de filas trata da quantificação do fenômeno da espera em filas usando medidas representativas de desempenho” (TAHA, 2008, p. 247).

Andrade (2015) cita alguns exemplos de medidas de efetividade do sistema de filas, as quais visam indicar seu desempenho:

- O percentual de tempo em que o posto de atendimento fica ocioso ou ocupado;
- O tempo médio que cada cliente gasta na fila de espera;
- O tempo médio que o cliente fica no sistema, ou seja, a média dos tempos desde o momento de entrada até a sua saída;
- O número médio de clientes na fila, em um determinado período de tempo;
- O número médio de clientes no sistema em um determinado período de tempo;
- A probabilidade de haver um número  $n$  de clientes no sistema.

## 2.2 Softwares

Atualmente, os softwares tornam-se cada vez mais importantes nos processos estratégicos das organizações. Segundo Pressmann e Maxim (2016), software pode ser considerado tanto um produto como um veículo que distribui um produto. Em suma, ele é um produto, pois fornece um potencial computacional de hardwares (equipamentos) para transformar informações que são produzidas, gerenciadas, modificadas, exibidas ou transmitidas. Como distribuidor de um produto ele distribui o produto mais importante, “a informação”.

Segundo Watson (1997, *apud* LAGEMANN, 1998), empresas criadoras de software que são prestadoras de serviço, tem na eficiência da assistência técnica um dos diferenciais de competitividade no mercado. Muitas dessas empresas estão preocupadas, cada vez mais em melhorar o atendimento aos clientes. São muitas as formas de atendimento aos clientes: suporte telefônico, via internet, sistemas de chamado, por exemplo.

De acordo com Koole e Mandelbaum (2001, *apud* WOLFF, 2003) o atendimento aos clientes em uma empresa de software é realizado através de uma central de atendimento composto basicamente por pessoas, computadores e equipamentos de telecomunicação que possibilitam a entrega de serviços aos clientes. As solicitações ou, também conhecidas como chamados ou ainda, atendimentos, são registrados em um sistema computacional para que os dados resultados desses atendimentos sejam utilizados para referência em problemas semelhantes e até mesmo, para estatísticas e análises.

## 3 | METODOLOGIA

Este estudo foi realizado em uma empresa de Software, para dimensionar o número de atendentes de suporte, baseado em cálculos matemáticos da Teoria das Filas. Para delinear a pesquisa, utilizou-se a sistemática apresentada por Vergara (2011), que classifica a pesquisa em dois aspectos, quanto aos fins e os meios.

- (a) Quanto aos fins, a pesquisa foi de natureza:

- Descritiva, porque em um primeiro momento descreveu a caracterização das filas e seus elementos; em um segundo momento, apresentou a análise dos resultados apresentados pelos cálculos das fórmulas das filas.
- Explicativa, porque buscou tornar compreensível e justificar os motivos, além de identificar a quantidade ideal de atendentes no suporte.
- Aplicada, pois desejou aprofundar conhecimentos a respeito da Teoria das filas com base em estudo teórico, o qual foi aprofundado e após, foram realizadas as análises de resultados.

(b) Quanto aos meios, a pesquisa foi:

- Bibliográfica, por meio de fundamentação teórica desenvolvida através de material já elaborado e publicado em livros, revistas, redes eletrônicas, e demais materiais já publicados.
- Documental, pois fez-se uso de documentos internos relacionados a dados dos chamados, para realizar o levantamento dos tempos de atendimento, dos chamados que chegam por dia, para posteriormente aplicar as fórmulas da Teoria das Filas.
- Estudo de caso, pois desejou-se aprofundar conhecimentos a respeito do estudo de filas na empresa em questão, com base em estudo teórico aprofundado e simulações de resultados, além disso, seus resultados não podem ser generalizados a outros casos devido as suas particularidades.

A coleta de dados se deu por meio de pesquisa bibliográfica, documental e entrevista informal com o gestor do suporte a fim de realizar o levantamento dos dados necessários para os cálculos matemáticos, para posterior análise e discussão dos resultados.

Os dados coletados foram tratados de forma quantitativa, por meio da análise de conteúdo. Os resultados foram tabulados e demonstrados de forma sistematizada.

## 4 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Caracterização da empresa

A empresa em estudo é responsável pelo desenvolvimento de um Software de Gestão de Empresas que tem por objetivo auxiliar o cliente a planejar a alocação dos seus recursos de forma eficaz, criativa e lucrativa. O sistema, além de ter a finalidade de informatizar os processos administrativos da empresa, também busca gerar informações que agilizam, auxiliam e aperfeiçoam a tomada de decisão.

O sistema é projetado para empresas que atuam nas áreas de atacado e varejo, oferecendo as ferramentas específicas necessárias para o controle e acompanhamento de todos os processos do ramo. Para elucidação de dúvidas, os clientes entram em contato com o departamento de atendimento da empresa através de ligações telefônicas, Skype e abertura de chamados no Portal de Relacionamento com o Cliente.

Via de regra, o serviço de atendimento ao cliente é prestado por uma equipe de

oito colaboradores, porém há momentos em que o sistema opera com apenas sete atendentes de suporte. Isso ocorre em casos de férias de colaboradores, faltas ou alocações temporárias dos colaboradores em outros departamentos para execução de tarefas específicas. Aos sábados, o atendimento ocorre em regime de plantão com uma equipe reduzida, sendo ocasionalmente necessário destinar colaboradores para reduzir o número de chamados em espera.

Diante deste contexto, realizou-se um estudo de filas para, além de compreender os motivos pelos quais as filas de espera possuem crescimento contínuo, identificar a quantidade de atendentes necessários para que os chamados de suporte sejam atendidos no mesmo dia em que são abertos pelos clientes. Para este estudo foram considerados os chamados dos últimos 12 meses.

#### 4.2 Modelagem e resolução do problema

Para a análise dos dados, buscou-se no sistema de gerenciamento dos atendimentos utilizado pela empresa, a informação referente à quantidade de chamados que são recebidos diariamente pelo departamento de suporte, considerando o período de maio de 2016 a abril de 2017. Com base nestes dados, foi possível identificar a taxa média de chegada ( $\lambda$ ), (figura 3).

MESES/DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TOTAL	MÉDIA		
MAIO	0	74	79	72	72	72	0	0	84	75	87	73	57	0	0	71	76	71	71	69			64	78	62		67			78	81	1586	75,52		
JUNHO	80	69	50			76	61	70	88	55			61	52	86	56	40			69	57	55	45	54			57	52	59	58		1378	62,64		
JULHO	80			70	59	84	70	62			81	66	72	69	54			59	74	71	71	72			65	63	68	68	59			1472	70,10		
AGOSTO	60	69	80	78	60			55	68	55	55	69			77	79	73	58	67			64	71	49	55	56			53	67	82	1549	67,35		
SETEMBRO	63	89			85	67	0	52	60			60	69	64	54	47				62	34	62	56	45			67	84	59	70	56		1345	64,05	
OUTUBRO			54	69	51	48	67				61	58		63	52		52	81	58	74	63			72	62	80	78	61			78	1315	65,75		
NOVEMBRO	86		77	66			48	79	84	78	76			64	0	77	78	61			69	85	85	54	69				54	84	50		1450	72,50	
DEZEMBRO	84	69			69	65	57	66	58			104	51	58	64	71				67	53	74	59	60			47	60	59	55	54		1420	64,55	
JANEIRO		71	80	73	81	71			64	49	93	79	79			75	62	109	73	62							79	79	92	83	91			1671	75,95
FEVEREIRO	72	86	121			90	82	72	82	70			82	86	79	72	68				84	69	69	80	69				29				1462	76,95	
MARÇO	84	71	71			77	73	96	99	73			73	88	63	84	80				68	73	58	112	85			53	106	79	72	85	1823	79,26	
ABRIL			106	94	109	84	95				104	84	80	69			88	69	94	58					83	70	82	74	57			1500	83,33		

Figura 3 - Quantidade de chamados por dia de maio de 2016 a abril de 2017

Conforme pode ser observado, coletou-se a quantidade de chamados abertos por dia nos últimos 12 meses, e obteve-se a média mensal. Ao final, fez-se o cálculo da taxa média de chegada dos chamados, que neste período é de  $\lambda=71,50$ . Devido a aleatoriedade das chegadas, pode-se inferir que as mesmas ocorrem segundo uma distribuição de Poisson. Para Anderson, Sweeney e Williams (2000) *apud* Virgillito (2018), devido ao fato de que não se pode prever o tempo exato das chegadas, “cientistas do gerenciamento” observaram que o padrão das chegadas é melhor descrito pela distribuição de probabilidades de Poisson.

Foi necessária ainda, a informação da capacidade de atendimento dos chamados. Para levantar esse indicador, coletou-se a quantidade de chamados fechados por dia de maio de 2016 a abril de 2017, para ser possível identificar a taxa média de atendimento ( $\mu$ ), conforme apresentado na figura 4:

MESES/DIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TOTAL	MÉDIA		
MAIO		69	81	85	89	89			82	93	100	76	80			98	87	72	91	80			69	84	70		72		78	88	1808	86.10			
JUNHO	68	80	53		73	68	62	78	76			69	66	91	65	53				62	65	67	66	63			65	62	56	69		1560	70.91		
JULHO	76			84	76	85	87	70			72	69	80	79	64			76	88	68	89	67			84	73	87	76	85		1719	81.86			
AGOSTO	63	74	66	95	79			70	71	68	75	76			84	77	73	71	67			87	89	54	67	56			67	84	84	1753	76.22		
SETEMBRO	75	106			96	69	0	62	55			67	60	69	64	67			74	41	66	81	57				81	78	64	78	72	1529	72.81		
OUTUBRO			57	85	55	63	87				75	75			91	65			65	75	48	78	66		81	71	69	75	81		79	1510	75.50		
NOVEMBRO	85		80	74			59	89	84	86	88			64		79	80	73				80	106	92	64	76			69	94	64	1637	81.85		
DEZEMBRO	78	91			64	83	58	79	70				96	68	61	79	74			78	61	76	64	64			48	76	67	64	79	1605	72.95		
JANEIRO	63	72	70	91	75				80	50	87	91	83			83	53	98	88	70			71	86	89	77	103			68	56	1704	72.45		
FEVEREIRO	87	75	123			77	100	65	75	71				80	92	80	82	65			79	74	65	79	80							1512	79.58		
MARCO	82	69	64			88	63	97	95	82				78	82	72	81	71				64	83	55	118	109			65	112	81	88	80	1879	81.70
ABRIL			94	98	100	101	84				98	97	84	69				77	75	106	60				82	80	80	89	69			1543	85.72		

Figura 4 - Dados de atendimento dos chamados por dia de maio de 2016 à abril de 2017

Considerando a quantidade de chamados fechados por dia no período em estudo, fez-se a média mensal e ao final, obteve-se o cálculo da capacidade média de atendimento individual dos atendentes, a qual é de  $\mu=9,82$ . Conforme pode ser observado, os atendimentos dos chamados possuem tempo aleatório, segundo uma distribuição exponencial. Segundo Anderson, Sweeney e Williams (2000) *apud* Virgillito (2018), de uma maneira geral, em problemas não muito complexos, quase sempre admite-se que as chegadas se distribuam segundo Poisson e a distribuição do tempo de serviço, uma distribuição exponencial.

A seguir apresenta-se um gráfico para visualização dos dados relacionados a taxa média de chegada e de atendimentos do período de maio de 2016 a abril de 2017.

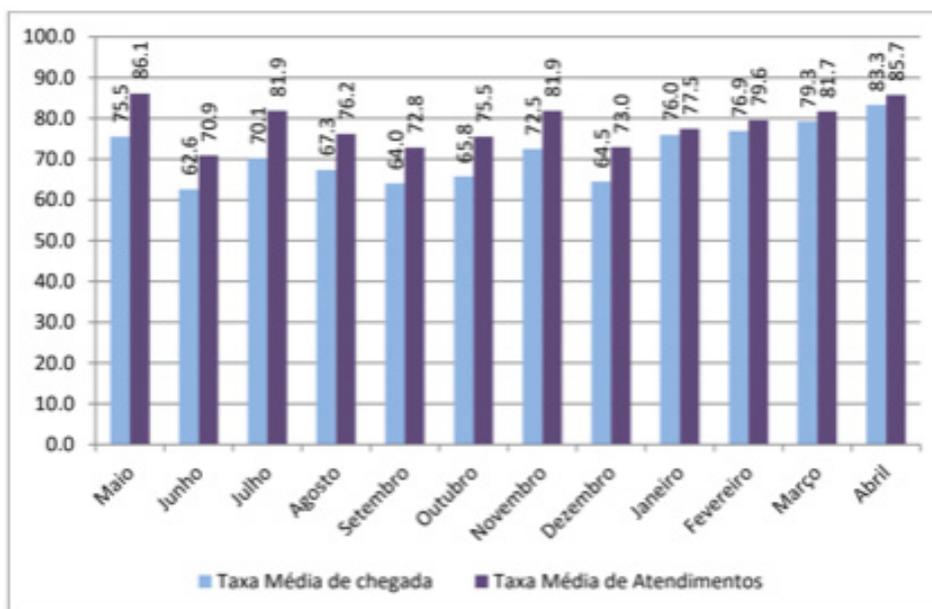


Gráfico 1 – Taxa média de chamados que chegam versus taxa média de atendimento de maio de 2016 a abril de 2017

Observando o gráfico 1 percebe-se que o acúmulo de chamados é um problema recorrente, que vem se acumulando ao longo do tempo, pois em média, em todos os meses do período analisado, a taxa média de atendimento é superior à taxa média de chegadas dos chamados ao suporte. Isto significa que sempre tem chamados na fila de espera.

Após a coleta dos dados, realizaram-se os cálculos das equações do modelo de uma fila e diversos canais de atendimento, adaptado de Hillier e Lieberman (2013). A seguir apresentam-se as equações, bem como sua resolução:

- Unidade de tempo: Dias
- Taxa de chegada:  $\lambda = 71,50$
- Taxa individual de atendimento:  $\mu = 9,82$
- Número de atendentes:  $s = 8$

Probabilidade de haver 0 cliente no sistema ( $P_0$ ):		
$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s!} \times \frac{1}{1 - \frac{\lambda}{s\mu}}$	<b><math>P_0 = 0,00033</math></b>	(1)
Número médio de clientes na fila ( $L_q$ ):		
$L_q = \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \rho}{s!(1 - \rho)^2}$	<b><math>L_q = 7,39</math></b>	(2)
Taxa de ocupação dos atendentes ( $\rho$ ):		
$\rho = \frac{\lambda}{s\mu}$	<b><math>\rho = 0,91</math></b>	(3)
Tempo médio de espera na fila ( $W_q$ ):		
$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$	<b><math>W_q = 0,10</math></b>	(4)
Número médio de clientes no sistema ( $L$ ):		
$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$	<b><math>L = 14,67</math></b>	(5)
Tempo médio gasto no sistema ( $W$ ):		
$W = W_q + \frac{1}{\mu}$	<b><math>W = 0,21</math></b>	(6)

Figura 5- Cálculos do modelo de uma fila e oito atendentes

Como demonstrado na equação 1, a probabilidade de não haver nenhum chamado no sistema é de 0,033%. A equação 2 apresenta o número médio de

chamados na fila, e teve como resultado o valor de 7,39. Isto significa que geralmente há aproximadamente sete chamados aguardando por atendimento.

A equação 3 apresenta a taxa de ocupação dos atendentes, sendo que os cálculos demonstram que para atender as demandas existentes, é necessário que os mesmos se mantenham ocupados por um período que corresponde a 91% da sua carga horária diária. Quando o indicador para essa análise traz um resultado elevado como o encontrado, pode haver um comprometimento na qualidade dos atendimentos, uma vez que os atendentes, por estarem muito ocupados, não conseguirão efetuar as análises com o nível de detalhamento necessário para caracterizar um bom atendimento ao cliente.

Já a equação 4 retorna o tempo médio que um chamado aguarda na fila para ser atendido, o resultado encontrado é de 0,10 dias na fila, ou seja em média 2,4 horas aguardando por atendimento. A equação 5 demonstra o número médio de chamados no sistema, ou seja a quantidade de chamados na fila de espera, acrescidos os chamados que estão sendo atendidos. O resultado é de 14,67 chamados em média. A equação 6 apresenta o tempo médio dos chamados no sistema, sendo este o tempo médio percebido pelo cliente para ter a solução de seu chamado. O resultado demonstra que o tempo é de 0,21 dias no sistema, o que equivale a uma média de 5,04 horas para o cliente ser atendido.

Como é recorrente a ausência de um atendente na composição do quadro total de colaboradores da equipe, foram realizados também os cálculos considerando sete atendentes. Neste caso identificou-se que a fila cresce ininterruptamente, acumulando chamados, pois o sistema não tem capacidade suficiente para atender a demanda.

A taxa de utilização de 91%, associada à alta probabilidade (0,997 ou 99,7%) de haver chamados na fila de espera, considerando uma equipe de oito atendentes, indica que o atendimento deve ser melhorado. Em virtude desta constatação, realizou-se a simulação dos cálculos considerando o aumento de um colaborador na equipe, mantendo desta forma uma equipe de nove atendentes com a mesma taxa de chegada e de atendimento. Os cálculos seguem a seguir:

Probabilidade de haver 0 cliente no sistema ( $P_0$ ):		
$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s!} \times \frac{1}{1 - \frac{\lambda}{s\mu}}$	$P_0 = 0,00055$	(1)
Número médio de clientes na fila ( $L_q$ ):		

$L_q = \frac{P_o \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^s \rho}{s!(1-\rho)^2}$	<b>Lq = 1,92</b>	(2)
Taxa de ocupação dos atendentes ( $\rho$ ):		
$\rho = \frac{\lambda}{s\mu}$	$\rho = 0,81$	(3)
Tempo médio de espera na fila ( $W_q$ ):		
$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$	<b>Wq = 0,03</b>	(4)
Número médio de clientes no sistema (L):		
$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$	<b>L = 9,20</b>	(5)
Tempo médio gasto no sistema (W):		
$W = W_q + \frac{1}{\mu}$	<b>W = 0,13</b>	(6)

Figura 6 - Cálculos do modelo de uma fila e nove atendentes

Pode ser observado na equação 2 que, com nove atendentes o número médio de chamados na fila reduz significativamente, passando para 1,92. Isto significa que geralmente haverá em torno de 2 chamados aguardando para serem atendidos. A taxa de ocupação dos atendentes também é reduzida, passando para uma ocupação de 81% da carga horária diária. Com relação ao tempo médio que um chamado aguarda na fila para ser atendido, o resultado passaria a ser de 0,03 dias na fila, o que equivale a 0,72 horas aguardando por atendimento (aproximadamente 43 minutos).

O número médio de chamados no sistema (na fila, mais sendo atendidos) passaria para 9,20. Já o tempo médio dos chamados no sistema, passaria para 0,13 dias, o que equivale a uma média de 3,12 horas para o cliente receber o retorno. Acredita-se que este tempo para o cliente seria o mais adequado, deixando o mesmo mais satisfeito.

Também, pode-se considerar que com nove atendentes a taxa de ocupação não é tão elevada, não comprometendo desta forma a qualidade do atendimento. Com essa estrutura, a ausência de um colaborador por motivo de férias ou afastamento não acarretaria em um acúmulo significativo de chamados em espera. Ou seja, com o aumento de um colaborador, se teria a estrutura necessária para realizar a prestação do serviço de atendimento com garantia de qualidade para o cliente.

#### 4.2.1 Distribuição de probabilidades de ocupação do sistema

A fim de apresentar a distribuição de probabilidades de ocupação do sistema, elaboraram-se gráficos para melhor compreensão da situação atual (figura 7) e, poder comparar com a sugestão proposta para a empresa.

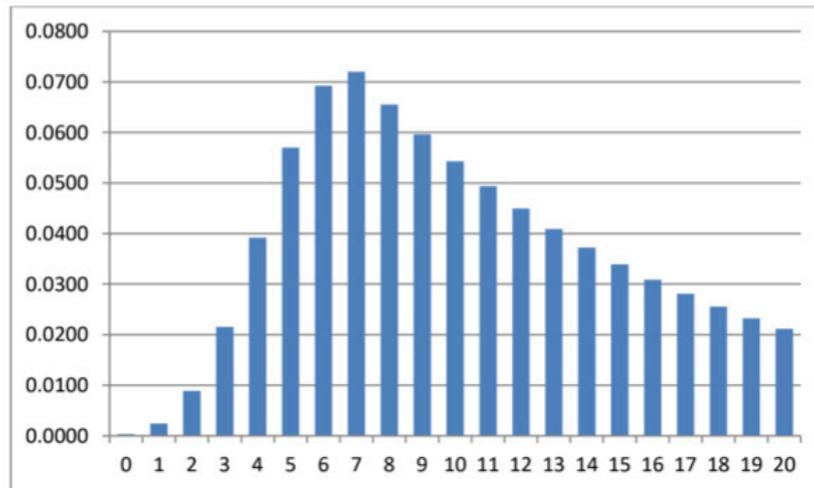


Figura 7 – Distribuição de probabilidades de ocupação do sistema com oito atendentes

Pode-se observar que, com oito atendentes a probabilidade de não haver nenhum chamado em espera é praticamente nula e a probabilidade de haver sete chamados em espera é de 7,2% e 2,11% de haver vinte chamados esperando por atendimento. Da mesma forma, gerou-se o gráfico de distribuição de probabilidades com nove atendentes, que é a sugestão para a empresa (figura 8).

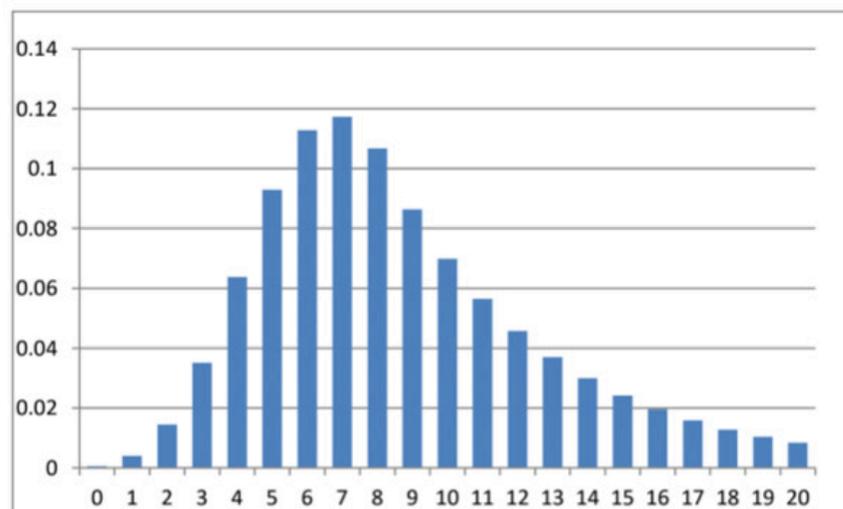


Figura 8 – Distribuição de probabilidades de ocupação do sistema com nove atendentes

A situação proposta, com nove atendentes no suporte, apresenta uma probabilidade de 0,05% de não haver nenhum chamado em espera, melhorando o índice se comparado com a atual situação, operando com oito atendentes. Já a probabilidade de ter sete chamados em espera passa a ser de 11,7%, e a probabilidade

de ter vinte chamados em espera, cai para apenas 0,83%, sendo esta uma redução significativa. Portanto, pode-se evidenciar a viabilidade de possuir uma equipe de nove atendentes no suporte.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas de filas prevalecem na sociedade. Ajustar esses sistemas pode resultar em produtividade e qualidade no atendimento. Os estudos de filas fornecem informações importantes para dimensionar, de forma eficaz, a quantidade de atendentes para não congestionar o sistema.

Neste sentido, este estudo teve por objetivo dimensionar o número adequado de atendentes de suporte em uma empresa de Software, através de cálculos matemáticos da Teoria das Filas. Para tal, foi necessário estimar a quantidade média de chamados que chegam ao suporte, bem como encontrar o tempo médio de atendimento dos chamados, e a partir destes dados foi possível dimensionar o número de atendentes no suporte, onde pode considerar-se que com oito atendentes alocados diretamente ao suporte, não haverá congestionamento no sistema.

Por meio deste estudo é possível demonstrar que para o caso analisado, o fator que ocasiona congestionamento no sistema é operar com apenas sete atendentes. Em resposta ao problema de pesquisa, “quantos atendentes de suporte são necessários para não haver acúmulo de chamados em espera?”, pode-se afirmar que, através dos cálculos matemáticos evidenciou-se que o número adequado de atendentes, para não acumular chamados é um total de oito.

Porém, considerando que estes colaboradores têm direito a trinta dias de férias, e por diversos motivos poderiam precisar se afastar do trabalho, como doença, por exemplo, em oito meses no ano o sistema operaria com apenas sete atendentes no suporte. Como foi evidenciado através dos cálculos, este número de atendentes não tem capacidade suficiente para atender as demandas diárias dos chamados abertos pelos clientes, o que faz com que a fila cresça infinitamente.

Diante destes fatos, sugere-se que o sistema conte com uma equipe de nove atendentes. Com este número de colaboradores, no momento que alguém precise se afastar, o suporte contará com oito atendentes e com este número o sistema não acumulará chamados em espera. Por fim, sugere-se como trabalho futuro realizar o estudo de filas no departamento do desenvolvimento, visando dimensionar o número de programadores necessários para que, em conjunto com o departamento de atendimento, os chamados sejam atendidos dentro dos prazos definidos pelo Acordo de Nível de Serviço (SLA) da empresa com os clientes.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução à Pesquisa Operacional**: métodos e modelos para

análise de decisões. 5. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

HILLIER, Frederick S. LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução** à pesquisa operacional. Tradução Ariovaldo Griesi; revisão técnica Pierre J. Ehrlich. 9. Ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Pesquisa Operacional**: curso introdutório. 2. Ed. São Paulo: Thomson Learning, 2010.

LAGEMANN, Gerson Volney. **RBC para o Problema de Suporte ao cliente nas Empresas de Prestação de Serviço de Software**: O Caso Datasul. Florianópolis: UFSC, 1998.

PRESSMAN, Roger S. MAXIM, Bruce R. **Engenharia de Software**. Uma abordagem profissional. 8. Ed. São Paulo: McGRAW-HILL EDUCATION, 2016.

TAHA, Hamdy A. **Pesquisa Operacional**: uma visão geral. 8. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. 13. Ed. São Paulo: Atlas, 2011.

VIRGILLITO, Salvatore Benito. **Pesquisa Operacional**: Métodos de modelagem quantitativa para a tomada de decisões. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

WOLFF, Juvenile Fitzgerald. **Simulação de uma central de atendimento**: uma aplicação. Florianópolis: UFSC, 2003.

## QUALIFICAÇÃO DE FORNECEDORES EM UMA INDÚSTRIA DO RAMO ALIMENTÍCIO

### **Jeova Santos Gonçalves**

UniFanor – Wyden, aluno do curso de Engenharia de Produção

Fortaleza – Ceará

### **Larisse Oliveira Costa**

UniFanor – Wyden, professora do curso de Administração

Fortaleza - Ceará

**RESUMO:** A cada dia que passa, o mercado se torna mais competitivo, os órgãos estão mais rígidos e as empresas buscam o aperfeiçoamento na performance dos seus processos. Nota-se que as organizações procuram fornecedores que possam atender as necessidades do seu público-alvo, apresentando qualidade em seus produtos e serviços fornecidos. Em uma indústria de grande porte do ramo alimentício, realizou-se uma pesquisa descritiva, buscando mostrar a qualificação dos seus fornecedores diretos, isto é, fornecedores responsáveis em dispor matérias-primas e insumos para a produção do produto. Com este trabalho, foi possível verificar que o processo de qualificação é um grande diferencial, quando relacionamos a logística da empresa. Se temos um fornecedor de qualidade, assim evitamos prejuízos, e questões de devolução de mercadoria, pois o processo também envolve a entrega e o recebimento do item no almoxarifado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Qualidade. Qualificação. Fornecedores. Logística.

**ABSTRACT:** With each passing day, the market becomes more competitive, the organs are more rigid and companies seek to improve the performance of their processes. It should be noted that organizations look for vendors who can meet the needs of their target audience by presenting quality in their products and services provided. In a large food industry, a descriptive research was carried out in order to show the qualification of its direct suppliers, that is to say, suppliers responsible for disposing of raw materials and inputs for the production of the product. With this work, it was possible to verify that the qualification process is a great differential, when we relate the logistics of the company. If we have a quality supplier, we avoid damages, and issues of return of merchandise, because the process also involves the delivery and receipt of the item in the warehouse.

**KEYWORDS:** Quality. Qualification. Providers. Logistics.

### **1 | INTRODUÇÃO**

Crosby (1979), um dos maiores empreendedores do mundo e grande contribuinte para as teorias da qualidade, foi um dos primeiros teóricos a associá-la aos

requisitos pré-estabelecidos, ou seja, ao seguimento dos processos padronizados.

Segundo o requisito 8.4.1 da ISO 9001:2015: A organização deve determinar e aplicar critérios para a avaliação, seleção, monitoramento de desempenho e reavaliação de provedores externos, baseados na sua capacidade de prover processos ou produtos e serviços de acordo com requisitos. A organização deve reter informação documentada dessas atividades e de quaisquer ações necessárias decorrentes das avaliações”

Observando esse parágrafo, nota-se que a ISO 9001:2015 busca conformidade e que, segundo Crosby, qualidade é aquilo que está conforme e quando ela cita o termo “provedores externos”, entende-se como fornecedores os quais a empresa precisa aplicar critérios para avaliar, monitorar e aprovar.

Uma das mais importantes etapas para cumprir esse requisito, é a gestão de fornecedores, que é uma etapa bastante significativa, principalmente quando falamos em indústria de alimentos.

Assim, o processo de qualificação dos fornecedores visa estabelecer a sistemática para qualificar, classificar e monitorar fornecedores de materiais que já são homologados ou desejam ser, visando assegurar um padrão de qualidade.

## 2 | METODOLOGIA

A empresa de grande porte do ramo alimentício possui uma base de 450 fornecedores homologados, com um prazo mínimo de 1 e máximo 3 anos. Seu método de qualificação possui 3 etapas: Primeiramente o fornecedor vai preencher formulários controlados de avaliação e qualificação que é encaminhado para o setor de suprimentos/commodities da empresa, no qual o controle de qualidade avalia toda documentação legal, se tudo estiver de acordo passa para o setor de P&D (Pesquisa e desenvolvimento) onde é avaliado criticamente e validado a especificação técnica do fornecedor, depois disso o mesmo será avaliado pelo setor de assuntos regulatórios, se necessário também é realizado análises laboratoriais conforme o que está descrito no plano da qualidade da empresa.

## 3 | ANÁLISES

Já o processo de monitoramento e avaliação, mensalmente a área de controle de qualidade verifica se a documentação dos fornecedores e dos itens estão atualizadas, em questão de performance é realizado levando em consideração os seguintes critérios: Conformidade do veículo transportador, conformidade do produto e prazo de entrega, onde as áreas responsáveis são o almoxarifado, controle de qualidade ou produção e suprimentos/commodities respectivamente.

O fornecedor é avaliado através do número de não conformidades abertas,

obtendo cada uma um peso diferenciado, de acordo com a sua importância, segue a tabela:

Classificação	Peso
Problemas de baixa gravidade, os que não interfiram no desempenho da produção da indústria e nem a qualidade e segurança de alimento, o não atendimento ao prazo de entrega, o não atendimento às quantidades solicitadas e produtos distintos do que está descrito na nota fiscal.	1
Problemas que possam afetar o desempenho da linha de fabricação ou não conformidades de qualidade de produto.	2
Problemas que possam afetar a segurança do alimento.	3

Quadro: Classificação e pesos de não conformidades

Cada fornecedor é monitorado pelo percentual de conformidade, seu valor tem que ser entre 50 a 100%, menor que 50% é solicitado aos mesmos a tratativa das não conformidade, planos de ação, a fim das correções dos problemas identificados. O cálculo é feito por uma fórmula aplicada a uma planilha eletrônica de acordo com a seguinte equação:

$$\% \text{ Conformidade} = \left( \left[ \frac{(\text{número de NC} \times \text{peso})}{\text{Quantidade de entregas}} \right] - 1 \right) \times 100$$

**Exemplo:** Um fornecedor de açúcar teve 3 não conformidades em 10 entregas, sendo que duas foram por problemas de entrega de baixa gravidade, assim admitindo peso igual a 1 e a outra foi por problema no produto, admitindo peso 2, qual o percentual de conformidade?

$$\% \text{ Conformidade} = \left( \left[ \frac{(2 \times 1) + (1 \times 2)}{10} \right] - 1 \right) \times 100$$

$$\% \text{ Conformidade} = \left[ \left( \frac{4}{10} \right) - 1 \right] \times 100$$

$$\% \text{ Conformidade} = 0,4 \times 100$$

$$\% \text{ Conformidade} = 40\%$$

De acordo com esse resultado é solicitado ao contratado o plano de ação para resolução das não conformidades, após isso o fornecedor pode passar por processo de auditoria realizado pelo contratante, se não resolvido, o fornecedor perde sua qualificação.

## 4 | CONCLUSÕES

A qualificação em questão é feita em conjunto por áreas estratégicas que contemplam os setores envolvidos na fabricação do produto no caso a produção, a área de suprimentos/commodities, o controle de qualidade, P&D (pesquisa e desenvolvimento) e assuntos regulatórios.

As etapas consistem em identificar a oportunidade de qualificação, verificando toda documentação legal e regulatória do contratado, podendo ser solicitado amostras para análises e/ou testes industriais e se necessário o mesmo passar por auditoria.

Observamos que o processo do contratante em si é bem pautado envolvendo diversas áreas da empresa, assim identificamos o quão é importante esse processo para que a organização possa assegurar a qualidade em seu processo e o cumprimento do requisito da norma a qual a empresa é certificada.

Buscando sempre um padrão de qualidade, segurança de alimentos, sustentabilidade, custo, competitividade e comprometimento adequados, para que a organização possa atingir qualidade e eficiência nas aquisições de materiais buscando melhor custo benefício e processos sustentáveis.

O mesmo entende que seus fornecedores devem constantemente implantar planos de melhoria contínua em seus processos relacionados à produção dos materiais, insumos e serviços fornecidos. A intenção é reduzir a variação e garantir a estabilidade e capacidade do processo enquanto produto estiver sendo produzido e entregue.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001: Sistema de gestão da qualidade – Requisitos**, Rio de Janeiro, pag. 15, 2015.

GOMES, PAULO J.P. **A evolução do conceito de qualidade: os bens produzidos pelos serviços de informação**. *Cadernos BAD*, 2004, vol. 2004, n. 2, pp. 6-18.

VIANA, J.C; ALENCAR, L.H. **Análise do processo de seleção de fornecedores em indústrias do setor de alimentos: um estudo de caso múltiplo**. In: XXX CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, São Carlos, ENEGEP,2010.

## UTILIZAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL NA OTIMIZAÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS EM UM RESTAURANTE NO MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO DO AMARANTE, CEARÁ

**José Oliveira da Silva Júnior**

UniFanor Wyden

Fortaleza – Ceará

**Kleison de Paiva Freitas**

UniFanor Wyden

Fortaleza – Ceará

**RESUMO:** O presente trabalho exhibe a problemática de maximização de lucro da empresa Gostinho de Amor SGA, cuja principal fonte de renda é a produção de alimentação. De acordo com a pesquisa realizada na empresa, foi relatada a perda de matérias-primas na produção de bolos e pastéis, matérias que poderiam ser reutilizadas na produção de novos produtos. Este trabalho, desse modo, propõe buscar uma solução de melhoria do processo. O estudo desenvolveu-se na citada empresa localizada no município de São Gonçalo do Amarante, CE, através de uma pesquisa exploratória associada ao uso da ferramenta da Pesquisa Operacional, a programação linear, além de um questionário inicial com a proprietária e a proposição de modelo de solução. Através do “Solver”, a ferramenta do Excel utilizada, chegou-se ao resultado para desenvolver a pesquisa. Com o estudo, foi possível verificar que em várias matérias-primas restarão sobra no estoque total. Foi observado, ainda, que dois produtos essenciais na produção, não geram perda.

Através da pesquisa operacional com o Solver pode-se chegar neste resultado apresentado à proprietária do estabelecimento, que se propôs a reorganizar a produção. O estudo possibilitou observar que na empresa estudada existem limitações financeiras que dificultam o crescimento da mesma, foi constatado também o estoque como grande causador de despesas. Deste modo, o produto final do nosso trabalho proporcionou uma nova forma de solucionar problemas já existentes na empresa e de novos problemas emergente que não tinha a devida atenção e solução.

**PALAVRAS-CHAVE:** Solução. Matéria-Prima. Problema.

**ABSTRACT:** The present work presents the problem of profit maximization of the company Gostinho de Amor SGA, whose main source of income is food production. According to the research carried out at the company, it was reported the loss of raw materials in the production of cakes and pastries, materials that could be reused in the production of new products. This work, therefore, proposes to seek a solution to improve the process. The study was carried out in the mentioned company located in the municipality of São Gonçalo do Amarante, CE, through an exploratory research associated to the use of the Operational Research tool, linear programming, besides an

initial questionnaire with the owner and the model proposition of solution. Through the “Solver”, the Excel tool used, we came to the result to develop the research. With the study, it was possible to verify that in several raw materials there will be left over in the total stock. It was also observed that two essential products in the production, do not generate loss. Through the operational research with the Solver you can arrive at this result presented to the owner of the establishment, who proposed to reorganize the production. The study made it possible to observe that in the company studied there are financial limitations that make it difficult to grow, it was also observed the inventory as a great cause of expenses. In this way, the final product of our work provided a new way of solving existing problems in the company and emerging new problems that did not have the proper attention and solution.

**KEYWORDS:** Solution. Main resources. Problem

## 1 | INTRODUÇÃO

Com base na visita realizada *in loco* observou-se na empresa Gostinho de Amor SGA, do ramo alimentício, localizada no município de São Gonçalo do Amarante, Ceará, que o maior desafio identificado está na Maximização do seu Lucro. Diante disso, o problema de pesquisa deste estudo se resume no seguinte questionamento: Será que existe alguma maneira de Maximizar o Lucro da empresa sem afetar a qualidade do produto produzido? Para isso, o objetivo geral deste trabalho é propor um serviço de consultoria que contemple todos os questionamentos necessários para uma melhor lucratividade da empresa sem afetar a qualidade e garantindo um serviço com menos desperdício.

## 2 | METODOLOGIA

A metodologia do trabalho será possível, pois foi realizada através de um estudo de caso uma pesquisa exploratória dos gastos na produção de dois produtos: bolo e pastel, como o objetivo de minimizar gastos e assim maximizar o lucro. Primeiramente, foi feito um questionário com a proprietária da empresa, onde os pontos levantados foram o lucro de cada produto, especificamente quantos ingredientes precisavam para fazer um Pastel e um bolo e quantidade de matéria-prima exata em estoque, a partir daí foi criado um modelo de programação linear que teria como objetivo levantar dados numéricos e algébricos buscando uma possível solução para o problema. Após a realização desse levantamento e da criação do modelo, foi utilizado um suplemento do *Microsoft Excel* chamado *Solver*, que é uma ferramenta que pode ser utilizada para teste de hipóteses, no nosso caso específico ele serviu para solucionar o problema, determinando o valor máximo do lucro projetado para a empresa, podendo assim analisar quais as matérias-primas que seriam mais e menos relevantes na produção de bolo e pastel.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Gostinho de Amor SGA, é uma empresa situada na cidade São Gonçalo do Amarante, Ceará, do ramo alimentício que produz o próprio produto, desde creme de galinha até saladas para pratos executivos, a empresa já tem (dois) anos de mercado, sempre trabalhou seguindo um modelo de produção sob encomenda visto que a empresa possui pouco caixa e precisa evitar qualquer desperdício de dinheiro. O assunto que abordamos com a proprietária da empresa era se a produção tinha a lucratividade que ela sempre quis, obtivemos a resposta que não, a empresa sempre trabalhou lucrando menos do que o previsto pela proprietária. Resolvemos oferecer uma ajuda para o estudo e a otimização de dois produtos que a empresa gostaria de obter um lucro maior evitando a perda da qualidade.

No primeiro produto (bolo de chocolate), para ser produzido são necessárias várias matérias-primas: farinha de trigo 600g, fermento 50g, açúcar 400g, ovos unidades, margarina 250g, leite 500ml, leite condensado 150ml, achocolatado em pó 400g e creme de leite 150ml. No segundo produto (pastel de queijo), massa pronta 1 unidade, queijo 25g e óleo 50ml. Como estoque foi disponibilizado as seguintes informações para o a produção do bolo de chocolate e pastel de queijo durante (um) mês: farinha de trigo 7000g, fermento 453g, açúcar 7000g, ovos 30 unidades, margarina 3000g, leite 8000ml, leite condensado 3000ml, Achocolatado em Pó 3200ml, creme de leite 3000ml, massa pronta 50 unidades, queijo 1000g, óleo 1500ml. Após a realização desse levantamento de informações foi realizada modelagem de programação linear, onde a proprietária nos informou que o lucro em um bolo de chocolate é R\$ 10,00 e em um pastel de queijo R\$ 1,50. Dessa forma, a modelagem de Programação Linear tem como função objetivo: Maximização do Lucro (R\$):  $10X_1 + 1,5X_2$ , sendo:  $X_1$ : Quantidade de bolo produzida e  $X_2$ : Quantidade de Pastel produzida:

Restrição de Não-Negatividade:

$$\text{Restrições Técnicas} = \left\{ \begin{array}{l} 500X_1 \leq 7000 \rightarrow \text{Farinha de Trigo} \\ 50X_1 \leq 453 \rightarrow \text{Fermento} \\ 400X_1 \leq 7000 \rightarrow \text{Açúcar} \\ 4X_1 \leq 30 \rightarrow \text{Ovos} \\ 250X_1 \leq 3000 \rightarrow \text{Margarina} \\ 500X_1 \leq 8000 \rightarrow \text{Leite} \\ 150X_1 \leq 3000 \rightarrow \text{Leite Condensado} \\ 400X_1 \leq 3200 \rightarrow \text{Nescau} \\ 150X_1 \leq 3000 \rightarrow \text{Creme de Leite} \\ X_2 \leq 50 \rightarrow \text{Massa Pronta} \\ 25X_2 \leq 1000 \rightarrow \text{Queijo} \\ 50X_2 \leq 1500 \rightarrow \text{Óleo} \end{array} \right.$$
$$\text{Restrição de Não-Negatividade: } \begin{cases} X_1 \geq 0 \\ X_2 \geq 0 \end{cases}$$

Célula do Objetivo (Máx.)

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final
SD\$3	Lucro (R\$) Total	120	120

Células Variáveis

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final	Número Inteiro
SB\$2	Quantidade a produzir Bolo	7,5	7,5	Conting.
SC\$2	Quantidade a produzir Pastel	30	30	Conting.

Restrições

Célula	Nome	Valor da Célula	Fórmula	Status	Margem de Atraso
SD\$10	margarina Utilizado	1875	SD\$10<=SE\$10	Não-associação	1125
SD\$11	leite Utilizado	3750	SD\$11<=SE\$11	Não-associação	4250
SD\$12	leite condensado Utilizado	1125	SD\$12<=SE\$12	Não-associação	1875
SD\$13	achocolatado Utilizado	3000	SD\$13<=SE\$13	Não-associação	200
SD\$14	creme de leite Utilizado	1125	SD\$14<=SE\$14	Não-associação	1875
SD\$15	massa pronta Utilizado	30	SD\$15<=SE\$15	Não-associação	20
SD\$16	queijo Utilizado	750	SD\$16<=SE\$16	Não-associação	250
SD\$17	óleo Utilizado	1500	SD\$17<=SE\$17	Associação	0
SD\$6	farinha de trigo Utilizado	4500	SD\$6<=SE\$6	Não-associação	2500
SD\$7	fermento Utilizado	375	SD\$7<=SE\$7	Não-associação	78
SD\$8	açúcar Utilizado	3000	SD\$8<=SE\$8	Não-associação	4000
SD\$9	ovos Utilizado	30	SD\$9<=SE\$9	Associação	0

Figura 1: Relatório Resposta do Solver

Fonte: Dados do Pesquisador

Com o estudo, foi possível verificar que em várias matérias-primas restarão sobra no estoque total, ou seja, passam a ser perda. Além disso, foi observado que dois produtos são essenciais na produção e não geram perda, são eles ovos e óleo. Através de uma pesquisa operacional, usando pelo solver pode-se chegar neste resultado, e apresentado a proprietária do estabelecimento, que se propôs a reorganizar a produção, comprando somente o necessário, visto que por mês ela poderá produzir 07 bolos e 30 pastéis aumentando a lucratividade que era de R\$ 80,00 para R\$ 120,00 por mês, com o estoque reduzido e sem perca de qualidade no produto final.

## 4 | CONCLUSÃO

O estudo possibilitou observar que na empresa estudada existem limitações financeiras que são grandes embargos para o seu crescimento, dentre os quais está a pouca variedade de produtos, tendo em vista que existe a perda de alguns clientes com a falta de produtos no cardápio. De acordo com o objetivo geral do trabalho foram encontrados produtos que eram desperdiçados, que influenciavam diretamente na maximização do lucro pedido pela proprietária do restaurante. No entanto, descobriu-se que existia solução para o problema, através de uma pesquisa operacional, usando o solver pode-se chegar neste resultado, e demonstrado que apenas a redução de estoque era o suficiente para aumentar a lucratividade.

## REFERÊNCIAS

SILVA, J. F.; **Controle Estatístico de Qualidade**. Editora: Alfa, 2012, São Paulo.

## ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS: CAPACIDADE PRODUTIVA DE UM ATELIÊ NO MUNICÍPIO DE XINGUARA-PA

**Thiago Dos Santos Paula**

thiagodsp14@gmail.com

**Fábia Maria de Souza**

fabia@uepa.br

**Waleriana Cavalcante Leão**

walerianacavalcante2020@hotmail.com

**Mariele ferreira gonçalves**

marielegoncalves22@gmail.com

**Cristiano Carvalho da silva**

cristianodeauepa@hotmail.com

**RESUMO:** A aplicação de estudo de tempos e movimentos é relevante para as organizações, pois é possível encontrar gargalos nas operações, além de propor soluções que podem tornar a produção mais eficiente. Com isso, o presente artigo tem como propósito determinar a capacidade produtiva e seus pontos frágeis, a partir da análise dos tempos e movimentos do processo produtivo de um ateliê na confecção de camisetas. A partir da abordagem quantitativa se fez um estudo de caso, mediante a uma análise de dados que se deu por meio da relação numérica dos elementos coletados que ocorreram in loco, possibilitando o estudo dos componentes de tempos e movimentos: determinação do número de ciclos, do fator de ritmo, fator de tolerância; cálculo do tempo padrão e tempo normal. Sendo assim, etapas,

determinou-se a capacidade produtiva da empresa para a produção de camisetas. Com isso, foi possível identificar problemas que afetam a operação, tais como: pausa no processo produtivo, mesa de corte fica longe das máquinas e incidentes nas máquinas. pois ainda não conseguem produzir no seu potencial máximo; além do mais foram feitas algumas propostas de melhorias com o intuito de maximizar a capacidade produtiva.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estudo de Tempos e Movimentos, CAPACIDADE PRODUTIVA, tempo padrão de operação

### 1 | INTRODUÇÃO

Engenharia de Métodos é a análise de regularização do serviço, procurando atingir por meio de observações o método mais adequado para realizar o trabalho, igualando e proporcionando o tempo que deve ser usado por cada operário treinado para cumprir de modo eficiente tendo em vista a diminuição de gastos e produção de produtos com qualidade (MILHOMEM et al, 2015).

Ao longo tempo ocorreram discordâncias referentes ao que era mais significativo: estudo de tempos ou estudo de movimentos. Entretanto, não ocorre diferença, mas interdependência. Aquilo que se mostra é o comprimento do

estudo de movimentos antes do estudo de tempos, no qual as operações organizadas permitem melhores respostas em tempo (JUNIOR, 2014).

Os estudos de métodos de trabalho e de gestão do trabalho, de acordo com Maximiano (2017, p. 66), iniciaram mediante as contribuições de Taylor no final do século XIX e início do século XX, que para resolver os problemas salariais dos operários precisou determinar um padrão de produção por unidade de tempo, desta forma o estudo de tempo “consistia em dividir cada tarefa em seus elementos básicos e, com a colaboração dos trabalhadores, cronometrará-las e registrá-las, [...] definidos tempo-padrão para cada elemento básico, [...]” tinham o controle de todas as fases e aspectos de cada atividade da produção, com o intuito, de padronizar as atividades ao longo do processo de produção.

Por isso, o estudo de caso tem como objetivo identificar a capacidade produtiva e seus pontos frágeis, a partir da análise dos tempos e movimentos do processo produtivo de um ateliê de costura no município de Xinguara, estado do Pará, utilizando os conceitos de Engenharia de Métodos e aplicando as ferramentas de Estudo de Tempos e Movimentos.

O ateliê atua no setor da moda na produção de diversos tipos de confecções sob medida e encomenda. Por meio da pesquisa, foi estabelecida a capacidade produtiva da microempresa em função do estudo de tempos e movimentos, para que se produzissem conhecimentos que ajudem o microempresário na organização das operações voltadas para a produção de camisetas.

## 2 | ENGENHARIA DE MÉTODOS

Eficiência e qualidade na produtividade são prioridades contínuas nas indústrias que queiram se manter no mercado, independente do porte do empreendimento, inovar a padronização dos processos de produção e aplicar métodos de trabalho que viabilize que alcancem níveis cada vez mais alto de competitividade, determinando sua capacidade produtiva e, conseqüentemente, seu sucesso no mercado (TÁLAMO, 2016).

A Engenharia de métodos busca pesquisar e examinar o trabalho conforme a organização, planejando ampliar métodos objetivos com mais eficiência pesquisando uma normatização para os processos envolvidos. Por meio de métodos aplicados, o plano de métodos se dirige para proporcionar uma melhor maneira para aplicação de tarefas, com base no registro e estudo de um trabalho específico, procura-se planejar e implantar técnicas mais apropriadas que acompanham o máximo da produção (SOUTO, 2002).

Englobando o trabalho de forma que a sistematização tenha um propósito de produzir novos métodos objetivos e com uma eficiência para igualar as operações. O campo da Engenharia de Métodos analisa a visão em busca da melhor sistematização

de desempenho, e produz os melhores métodos de produção, dos procedimentos, de aplicação das ferramentas, e equipamentos, e das competências operacionais para elaborar um produto.

Por meio da instalação desse método planeja-se assegurar uma melhor solução para a qualidade do trabalho, com a minimização do tempo para o comércio, e plena capacidade econômica das etapas de mecanização e de produtividade (JUNIOR, 2014). No trabalho, que envolve processos fabris, tem-se a Engenharia de Métodos que procura desenvolver práticas sistematizadas a fim de proporcionar maior produtividade na relação de menores entradas (input) por maiores quantidades de produtos produzidos (output), (MILHOMEM et al, 2015).

Busca estabelecer um método de trabalho mais eficiente, portanto, procura aprimorar o local de trabalho com ajustes das máquinas, revisões e transferência de matéria-prima, e com o uso de ferramentas específicas e métodos para medição do tempo e buscando não perder movimentos (PEINADO; GRAEML, 2007).

## 2.1 Estudo de tempos e movimentos

O estudo de tempos e movimentos iniciou-se em 1881 com o engenheiro mecânico Frederick Taylor na empresa em que trabalhava, nisso, observou que a organização onde atuava tinha um sistema operacional muito dispendioso. Logo, começou a desenvolver estudos sistematizados cientificamente a fim de tornar mais eficiente o processo fabril.

Taylor conseguiu definir a quantidade de tempo envolvido na confecção de diferentes trabalhos, o que levou a entender o quanto um funcionário eficiente conseguia produzir em um dia de trabalho. Pois, assim, a cronometragem transferia ao funcionário também a habilidade de administrar, fazendo-o corresponsável pelo processo operacional. A partir disso, foi possível definir estudo de tempos e movimentos conforme adaptado no quadro 01 abaixo:

Etapas	Processos a serem desenvolvidos;
1 <sup>a</sup>	desenvolver o sistema e o método preferido, usualmente aquele de menor custo;
2 <sup>a</sup>	padronizar esse sistema e método
3 <sup>a</sup>	determinar o tempo gasto para uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica;
4 <sup>a</sup>	orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.

Quadro 01 – Etapas dos Estudo de tempos e movimentos segundo Barnes

Fonte: adaptação de Barnes (1977, p.1)

A maneira mais adequada de se executar determinada tarefa constitui o método padrão, o tempo necessário para executar um ciclo do Método Padrão é definido como o Tempo Padrão (DINIZ; CALIFE, 2015).

Para a determinação do tempo padrão existem os seguintes métodos: cronometragem, tempos sintéticos e amostragem do trabalho (MARTINS; LAUGENI, 2015). Ainda, conforme os mesmos autores, as etapas de determinação do tempo padrão de uma tarefa são: Divisão da operação em elementos; Determinação do número de ciclos a serem cronometrados; Avaliação da velocidade do operador; Determinação das tolerâncias; Atendimento às necessidades pessoais; Alívio da fadiga; Determinação do tempo padrão.

Sendo assim, este estudo elimina qualquer movimentação desnecessária e determina o método mais eficiente para executar uma tarefa (TARDIN *et al*, 2013). Dessa forma, os estudos de tempos e movimentos também podem ser estudados a partir da sequência: cronometragem; tempo médio; fator de risco; tempo normal e Setups e finalizações.

### 2.1.1 Cronometragem

Executa uma cronometragem prévia para conquistar informações fundamentais sobre a definição de quantas cronometragens ou etapas serão necessárias. Com o uso de cronometragens, pode se ter a definição do tempo médio (TM). A análise deve também analisar o fator de ritmo ou a agilidade da realização da operação, tempo normal (TN), tempo de liberação para que não ocorra a fadiga e para as necessidades pessoais, conforme (MARTINS, 2005).

A cronometragem pode se dividir em dois tipos: o método contínuo e o da volta ao zero. No método contínuo, o cronômetro não tem pausa em momento algum, anotam-se os tempos no final de cada unidade e registra o tempo acumulado de cada atividade. Agora no método da volta ao zero, anota se os tempos e zera o cronômetro no final de cada unidade (MAYER, 1992).

Eles confirmam que o método contínuo seja o melhor, pois não há interrupções no cronômetro, dessa forma torna-se o resultado mais confiante, sendo o método mais aplicado a estudo de tempos (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

### 2.1.2 Tempo médio

Para a definição do tempo padrão torna-se fundamental, a princípio, o cálculo da média dos tempos essenciais apurados. Onde o tempo essencial é o tempo que um empregado competente gasta para fazer determinado trabalho com um rendimento padrão. O cálculo da média dos tempos essenciais é significativo, pois da posse dele um gestor de produção pode criar, um conjunto de atividades diversas, uma estimativa do tempo, para diversas atividades de maior quantidade formada por essas tarefas

(SLACK et al, 2015).

### *2.1.3 Fator de ritmo*

A fim de definir o fator de ritmo de um funcionário usa-se o método padronizado. Em que o meio mais constante é a distribuição de um baralho de 52 cartas, que são distribuídas pelo operador e se cronometra o tempo gasto (SAMAIO et al., 2015). Logo depois, é calculada a velocidade do operador concluindo com uma proporção, utilizando 30 segundos equivalentes a 100% de velocidade. Se o operador estiver entre 100% de velocidade ele está em fator de ritmo normal (CONTADOR, 1998):

FR= 100% - Ritmo normal; FR> 100% - Ritmo acima do normal; FR< 100% - Ritmo abaixo do normal.

Portanto, é possível estabelecer o funcionário padrão para que na ocorrência de contratar outros para trabalhar nas operações da empresa, seria possível fazer esse teste para verificar o desempenho, assim, saberia ser o operador poderia trabalhar na linha de produção com o desempenho adequado à produtividade da empresa.

### *2.1.4 Tempo normal*

O tempo normal de execução é o que ocorre sem qualquer compreensão, ou melhor, o tempo fundamental para a efetuação de uma operação pelo funcionário capacitado em seu ritmo normal de trabalho sem que ocorra a fadiga (MOREIRA, 2013).

Afirmam que com decisão do tempo normal, pode se realizar uma analogia com os demais funcionários para medir as desigualdades encontradas.

Dessa forma, define o funcionário que teve seu melhor ritmo em sua tarefa e o elege funcionário padrão, com isso, observa-se que pode averiguar quais os funcionários precisarão de um treinamento para melhorar seu fator de ritmo em sua operação (PEINADO, GRAEML, 2007).

### *2.1.5 Setups e finalizações*

O tempo de setup é aquele em que as tarefas são pausadas, seja na elaboração ou na troca de ferramenta durante alguma etapa do processo produtivo (NEUMANN e RIBEIRO, 2004).

### *2.1.6 capacidades produtiva*

O máximo de produtos que uma empresa pode produzir, em condições normais de trabalho e, em um determinado período é denominado de capacidade produtiva (LIMA et al, 2015). A equação matemática da capacidade produtiva é expressa por:

Em que, CP é a capacidade produtiva, HT são horas diárias de trabalho e TP é o tempo padrão. O operador está diretamente ligado a obtenção dessa capacidade, pois quanto menor for o tempo utilizado por ele em seus movimentos, maior será a capacidade da produção (LIMA *et al*, 2015).

Logo, a capacidade produtiva é o máximo de produtos que um trabalhador ou organização pode produzir em determinado intervalo de tempo, respeitando as limitações existentes para estes.

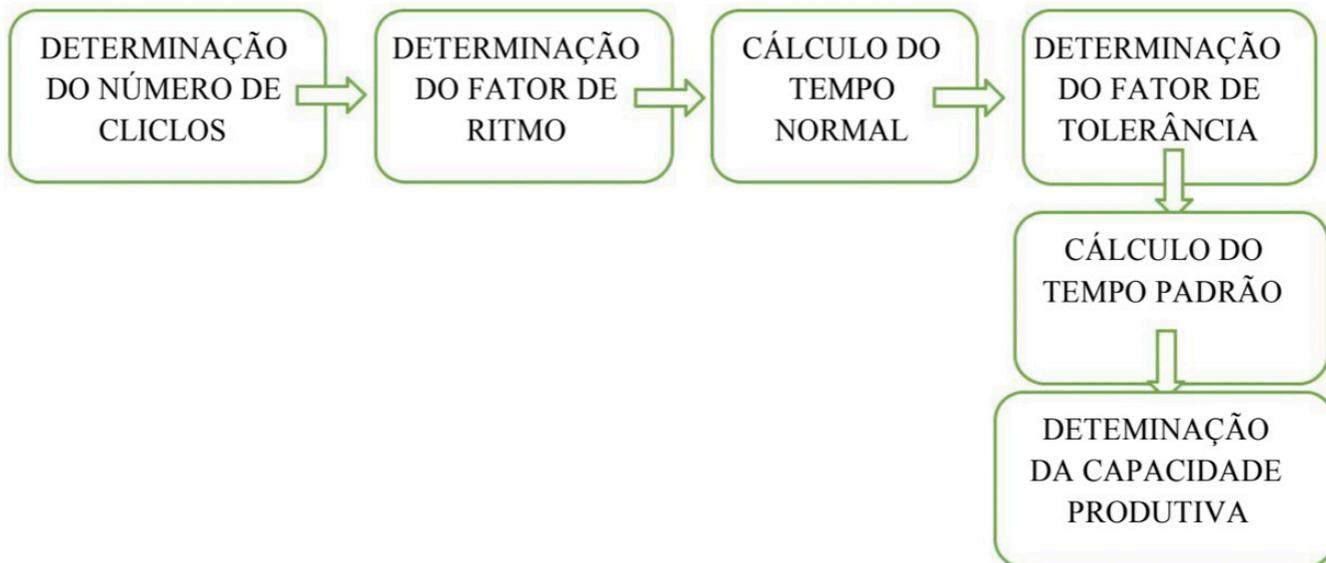
### 3 | METODOLOGIA

A abordagem da pesquisa se deu de forma quantitativa, pois quantifica e afirma numericamente a relação de causa e efeito dos dados levantados (GANGA, 2012). Quanto à natureza é considerada aplicada, pois disponibiliza de referencial teórico para a obtenção de conhecimento prático, os quais contribuem para propostas de melhorias em uma organização. Com relação aos objetivos, foi de caráter exploratório. As pesquisas exploratórias objetivam proporcionar maior familiaridade com o problema tornando mais explícito ou a construir hipóteses (GIL, 2017).

O procedimento técnico utilizado foi o estudo de caso, o qual promove a construção, teste e ampliação de teorias permitindo compreensão de um fenômeno em contexto real. Esse procedimento se caracteriza por “uma pesquisa empírica, baseada em evidências qualitativas e quantitativas que investigam um fenômeno contemporâneo inserido no contexto da vida real” (GANGA, 2012, p. 260)

As etapas desse estudo estão descritas abaixo:

- a. Levantamento bibliográfico: inicialmente os estudos se deram por meio de referências teóricas, as quais abordavam assuntos sobre: engenharia de métodos, estudo de tempos e movimentos e, o teste do baralho. Além de informações sobre o ramo do ateliê.
- b. Visita à empresa estudada: depois de obter embasamento teórico necessário para a elaboração do trabalho, realizou-se uma visita à empresa, onde foi possível ter conhecimento das etapas do processo produtivo e então foi acordado com a proprietário qual operação iria ser analisada.
- c. Coleta de dados: uma segunda visita foi realizada, nessa etapa foi possível fazer a cronometragem de cada atividade da operação, além do ritmo do operador.
- d. Tratamento de dados: em que foi possível realizar os devidos cálculos matemáticos para finalmente se obter a capacidade produtiva, nisso, os passos que se seguem são os seguintes:



Fluxograma 1: Etapas do estudo de tempos  
 FONTE: adaptação de Reis; Naumann; Scortegagna (2015)

A. Propostas de melhorias: foram construídas propostas objetivando o aumento da capacidade produtiva e de uma melhor execução das atividades que compõe o processo produtivo da empresa estudada.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES DOS DADOS

### 4.1 Caracterizações da empresa

O presente estudo foi realizado em um ateliê de costura no município de Xinguara – Pá, é uma empresa de pequeno porte, sendo a microempresária a que desempenha o papel de proprietária e também colaboradora. A empresa está no mercado há 4 anos, atendendo o mercado local. A produção é voltada para encomendas, seu funcionamento tem carga horária de 8 horas diárias de trabalho.

### 4.2 Apresentação do estudo de caso

O ateliê atua no setor da moda na produção de diversos tipos de confecções sob medida e encomenda, de acordo com o gosto do cliente, excluindo uma padronização do fluxo produtivo, além de não formar estoque, pois o cliente escolhe o dia em que quer receber a encomenda. Na linha de produção o processo contando com cinco máquinas de costura, que desempenham os seguintes processos:

- uma overloque, a qual pode costurar ombros, mangas e fechar roupas;
- a galoneira é responsável pelo acabamento;
- galoneira portátil prega viés, costura reta e outros pontos;
- a reta responsável pelo acabamento da roupa (costura reta);

- Singer faz costura reta, zig zag, caseamento e outros pontos mais elaborados.

Para a realização da fabricação das peças, primeiramente, tem-se o corte do tecido na medida desejada, em seguida, há a preparação dos equipamentos necessários para o começo da operação. O operador inicia na máquina overlock industrial para costurar ombros, mangas e fechar a roupa, e por último na máquina galoneira é feito o acabamento (embanhado) das golas e comprimento.

### 4.3 Determinação do número de cronometragens

Para uma análise precisa da operação, dividiu-se em dez atividades principais as quais são indicadas abaixo com seus respectivos tempos de duração. Optou-se pela realização de cinco cronometragens inicialmente:

ATIVIDADES	CRONOMETRAGEM (SEGUNDOS)					
	1	2	3	4	5	TM
Fechar ombro direito	4,05	4,50	3,00	3,71	3,68	3,71
fechar ombro esquerdo	3,70	3,61	4,34	3,47	3,05	3,61
rar manga direita	30,00	22,80	24,61	26,85	31,95	26,85
Costurar manga esquerda	35,00	15,01	20,68	22,54	26,41	22,54
Costurar lateral direita	26,27	25,25	18,85	22,78	26,05	25,25
Costurar lateral esquerda	16,55	12,31	26,65	14,65	17,30	16,55
Embanhar a gola	52,02	50,56	62,04	59,57	62,04	59,57
Embanhar a manga direita	26,61	22,30	27,70	21,00	21,63	22,30
Embanhar manga esquerda	49,91	38,78	27,03	33,78	21,06	33,78
Embanhar a camiseta	61,20	67,08	63,00	64,02	66,00	64,02
TOTAL SEGUNDOS	305,31	262,20	277,90	272,37	279,17	278,18

Quadro 02 - Cronometragem das atividades

Fonte: Dados do processo de produção do ateliê (2018)

Para a determinação do número de ciclos a serem cronometrados, foi utilizada a fórmula:

$$n = \left( \frac{z+R}{E_T + D_2 + A} \right)$$

O valor encontrado para N consta na tabela abaixo:

Z (95%)	R		D2		N
1,96	5,88	0,05	2,326	64,26	3

Quadro 02 - Cronometragem das atividades

Fonte: Dados da produção do ateliê (2018)

Para determinação do número mínimo de cronometragens a serem realizadas foi utilizado um intervalo de confiança de 95%( Z). A amplitude da amostra (R) foi obtida por meio da subtração entre o meio e o menor valor dos tempos totais das cronometragens, com um erro relativo de 5% ( $E_r$ ). Para 10 cronometragens o valor de  $D_2$  encontrado na tabela estatística corresponde a 2,326. sendo assim, o valor de N obtido foi o mínimo de 3 cronometragens. Com o valor de N sendo menor que as cronometragens realizadas, pôde-se dar continuidade ao trabalho.

#### 4.4 Tempo normal de operação

Para o cálculo do tempo normal foi utilizado a velocidade do operador que foi obtido a partir do teste do baralho com a cronometragem de cinco vezes da distribuição de 52 cartas em que tem como tempo padrão de 30s. Tabela 1:

Velocidade do operador (seg)						
5 Tempos cronometrados de trabalho					TM	V%
1° T	2° T	3° T	4° T	5° T		
27	26	30	25	26	27	1,1

Tabela 2 – velocidade do operador

Fonte: Dados do ateliê (2018)

A velocidade do operador é calculada pelo tempo padrão de 30s dividido pelo tempo médio de distribuição das cartas feitas pelo operário:  $\frac{30}{27} = 1,1$  s como fator de ritmo do operador. A velocidade do operador é dada em porcentagens, pois, 30s representam 100% de velocidade.

ATIVIDADES	TM	VELOCIDADE DO OPERADOR %	TEMPO NORMAL
Fechar ombro direito	3,71	101	4,081
fechar ombro esquerdo	3,61	101	3,971
Costurar manga direita	26,85	101	29,535
Costurar manga esquerda	22,54	101	24,794
Costurar lateral direita	25,25	101	27,775
Costurar lateral esquerda	16,55	101	18,205
Embanhar a gola	59,57	101	65,527

Embanhar a manga direita	22,30	101	24,53
Embanhar manga esquerda	33,78	101	37,158
Embanhar a camiseta	64,02	101	70,422
TOTAL	278,18		305,998

Quadro 3 – velocidade do operador e tempo normal de operação

Fonte: Dados do ateliê (2018)

#### 4.5 Tempo padrão e capacidade produtiva diária

O cálculo do fator de tolerância foi considerado um tempo permissivo de 30 min e o tempo trabalhado de 480 min diários, gerando, assim, um tempo permissivo ocioso de 0,0625 min:  $P = \frac{30}{480} = 0,0625$  min no processo de produção.

Então o fator de tolerância será dado por  $FT = \frac{1}{1-0,0625} = 1,066$  min.

Considerando apenas o tempo de setup (o tempo que se levou para corte de tecido e preparação das máquinas para o início da operação), para o cálculo da capacidade produtiva, tem-se um tempo normal dado por:  $TP = \frac{6,53}{5} + 5,460 = 6,766$  min para o tempo padrão de operação.

Para finalizar é calculada a capacidade produtiva que é dada por:  $CP = \frac{480}{6,766} = 70$

A partir dos cálculos é evidente que existe uma disparidade entre os resultados reais e capacidade produtiva a qual foi verificada através do estudo. Tendo em vista que a produção corresponde apenas 42% da real capacidade produtiva, na qual poderia ser confeccionada 70 camisetas/ dia, no entanto, são produzidas somente 30 camisetas. E isso diz respeito a necessidade de uma reorganização do trabalho dentro da empresa.

O fator de ritmo ou velocidade do colaborador, mostrou-se acima do normal, já que o valor é de 101%. Com isso, é possível concluir que esse colaborador tem um bom desempenho, o que eleva a produtividade, porém o mesmo exerce outras funções o que o impede de ser eficiente no processo de produção.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, esse trabalho relata a importância do estudo de tempo e movimento, para detectar elementos da produção que precisam de aperfeiçoamento para eliminar os desperdícios. Com o auxílio do fluxograma, tabelas e os cálculos do estudo de tempo foram possíveis analisar e determinar os problemas existentes no processo produtivo, compreendendo a capacidade produtiva da organização.

A partir disso, compreendeu-se a capacidade produtiva da empresa, a qual poderia produzir maior quantidade de camisas, isso provado, a partir do estudo de tempos e movimentos. Por meio dos resultados, sugeriu-se à proprietária melhorias, as quais estão descritas a seguir.

Através da abordagem de melhorias com menor custo, no qual diminua o tempo

de realização de uma tarefa, assim, gerando mais lucratividade para a empresa, propõe – se as seguintes melhorias:

- estipular um horário para o agendamento de costuras, assim limitando a frequência de movimentos durante a sua tarefa;
- a contratação de funcionários para os horários de mais movimentação no ateliê;
- mesa dobrável embutida na parede com o intuito de economizar espaço do ateliê, pois ela só ocupará uma área durante o tempo de uso da mesma;
- a reorganização do layout, objetivando minimizar o tempo de produção, consequentemente aumentando a lucratividade. Essa reorganização é possível a partir do aumento do espaço físico do ambiente, realocando os equipamentos que atrapalham o fluxo da tarefa, diminuindo os gargalos existentes no tempo normal de produção.

Por isso, depois das sugestões de melhorias poderia até ultrapassar a capacidade produtiva que atualmente é de 30 (42%) peças por dia, podendo alcançar o máximo de produtividade que seria de até 70 peças.

## REFERÊNCIAS

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida de trabalho**. 6. ed. São Paulo: Edgard Blüchen, 1977.

DINIZ, Nayara Oliveira Sudario; CALIFE, Naiara FaiadSebba. Cronoanálise e Balanceamento de Linha de Montagem: Estudo de Caso em uma Montadora de Veículos. **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Perspectivas Globais para a Engenharia de Produção**. Fortaleza, p.3, 2015.

GANGA, G. M. D. **Trabalho de Conclusão de curso na Engenharia de Produção: um guia prático de conteúdo e forma**. São Paulo: Atlas, 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2017.

JUNIOR, A. H. R. **Estudo de tempos e movimentos como ferramenta para a melhoria da produtividade nas obras**. Projeto de Monografia. Rio de Janeiro. 2014.

LIMA, I. D.A., et al. Utilização do estudo de tempos cronometrados para determinação da capacidade produtiva de um salão de beleza. **Revista produção em foco**.v. 05, n. 01: p. 123-144. Joinville-SC, 2015.

MARTINS, Petrônio Garcia. LAUGENI, Fernando P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva. 2005

MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. **Teoria Geral da Administração - Da Revolução Urbana à Revolução Digital**. 8ª ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MAYER, Raymond Richard. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas, 1992.

MILHOMEM, D.A, et al. Aplicação do estudo de tempos e movimentos para fins de melhorias no processo produtivo de uma fábrica cerâmica vermelha. **XXXV Encontro Nacional De Engenharia De Produção – ENEGEP**, Fortaleza, 2015.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operação**. 2. ed. ver. e ampl. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

NEUMANN, C.S.R.; RIBEIRO, J.L.D. Desenvolvimento de fornecedores: um estudo de caso utilizando a troca rápida de ferramentas. **Produção**. v.14, n.1, p.44-53. 2004.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre. **Administração da produção: operações industriais e de serviço**. 1.ed. Curitiba: UnicenP, 2007.

REIS, C.C.C; NAUMANN, E.A.; SCORTEGAGNA, C. Aplicação do estudo de tempos em uma prestadora de serviços na busca do aumento da produtividade. **XXXV Encontro Nacional De Engenharia De Produção – ENEGEP**, Fortaleza, 2015.

SAMPAIO, D.M., et al. Estudo de tempos e movimentos na mensuração da capacidade produtiva de uma empresa de recapagem de pneus localizada no município de Marabá-PA. **ENEGEP- Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Fortaleza, 2015.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

\_\_\_\_\_. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUTO, M. S. M. Lopes. **Apostila de Engenharia de métodos**. Curso de especialização em Engenharia de Produção – UFPB. João Pessoa. 2002.

TÁLAMO, José Roberto. **Engenharia de Métodos. O Estudo de Tempos e Movimentos**. Curitiba - PR : InterSaberes, 2016.

TARDIN, M. G. *et al.* Aplicação de conceitos de engenharia de métodos em uma panificadora: um estudo de caso na panificadora Monza. **XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP**, Salvador, 2013.

## ANÁLISE ERGONÔMICA DOS AGENTES DE LIMPEZA PÚBLICA DO CENTRO HISTÓRICO DE SÃO LUÍS -MA

**Karolayne Maria Viana Silva**  
**Basynga Franco da Silva**  
**Júlio César Moraes Vale José**  
**Ribamar Santos Moraes Filho**

Ergonomia; Método *OWAS*; AET.

### 1 | INTRODUÇÃO

É indiscutível a diferenciação da Ergonomia para o real desenvolvimento de uma empresa. Por longos anos as atenções eram focadas apenas para as partes lucrativas, este contexto vem sendo alterado, devido à busca incessante por qualidade no mercado e por identificar que um trabalhador saudável, motivado e treinado trará pra seus negócios produtividade, logo irá gerar lucro a empresa contratante.

Desse modo, o objetivo do artigo é apresentar a profissão dos agentes de limpeza urbana cujo **CBO é N° 5142-5** e seu importante papel para a limpeza das vias públicas, e tratar desta atividade associada à medidas ergonômicas, considerada uma praticar simples e eficiente que gera bem estar e saúde ao trabalhador.

Para avaliar a tarefa foi registrado o desenvolvimento da atividade, identificamos as condições de trabalho e o nível de insalubridade que os coletores estão expostos. Logo foi possível desenvolver com clareza a realidade que os mesmos desempenhavam.

Com isso aplicamos as informações na ferramenta **AET** onde foi possível fazer

**RESUMO:** Abordar questões ergonômicas nem sempre é fácil, por ser algo que só á pouco tempo vem recebendo uma atenção maior. Sendo considerado um fator de suma importância para o bom funcionamento das empresas. Por longos anos o foco era apenas o produzir, o que teria lucro, ou seja, a linguagem falada era apenas o financeiro, que de certa forma é atingido pela falta de segurança, conforto e qualidade do trabalhador. Desta forma, este artigo realizado através de uma pesquisa de caráter qualitativo e quantitativo, ondo o local escolhido para o acompanhamento da atividade do agente de limpeza publica foi o Centro Histórico de São Luís, conhecido como Reviver. Nossa avaliação focou na área ergonomia, melhor dizendo de que forma essa atividade vem trazendo danos a saúde deste colaborador. Utilizamos como base central algumas Normas Regulamentadoras a principal a NR 17 Ergonomia, fizemos o uso do Método *OWAS* que está disponível no software Ergolandia e realizamos a construção da AET-Análise Ergonômica do Trabalho desta atividade.

**PALAVRA CHAVE:** Agente de limpeza publica;

o levantamento dos problemas e condições desfavoráveis à saúde dos coletores, e o método *OWAS* apresenta se há ou não necessidade de haver intervenções ergonômicas.

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Ergonomia

De acordo com a **NR - 17** Ergonomia visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho as características psicológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

E para que isso fosse levado tão a sério não foi algo rápido, porem algo trabalhado.

O grande foco da ergonomia esta em propor melhorias tanto no desenvolvimento da atividade, como no que colabora para isto como, por exemplo, as maquinas e os equipamentos.

Para fomentar essa colocação trago a ideia de **(Dul, Jan, 2012)** que diz que “ a ergonomia é uma ciência aplicada, com objetivo de melhorar a segurança, saúde, conforto e eficiência no trabalho”.

Ao Trabalhar ergonomia nas atividades de uma empresa é possível alterar realidade, assim como o desperdício de material e tempo, o mercado hoje busca inovações, agilidade, transformação, um sistema mais completo, um trabalhador flexível, eficiente e proativo, desta forma tratar do operacional da empresa com antecedência é ter visão de futuro, é ir além do esperado.

Couto (1995) afirma em ergonomia, “ a dupla conforto-produtividade anda lado a lado. Não é possível se pensar somente no conforto, sem se pensar na produtividade se não pensar em conforto; Logo, não é possível pensar só na produtividade se não se pensar no conforto, pois esse resultado de produtividade será transitório”.

Por fim a ergonomia é algo capaz de otimizar o bem estar do colaborador e alimentar o desempenho na medida que for sendo estudada e discutida. A diferença em tê-la em forma de ação preventiva e corretiva é um diferencial, não deve ser vista apenas nos possíveis gastos que possa trazer com aplicação, mas visualizar o retorno futuro que ela pode proporcionar.

Conforme a ABERGO afirma que a ergonomia “ é relacionada no entendimento das intenções entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e a aplicação de teorias, princípios, dados e desempenho global do sistema”. Contudo, isso para desenvolvê-la haverá um gasto, porem será revestido com o aumento da produtividade.

### 2.2 Analise Ergonômica do Trabalho (AET)

Uma ferramenta que proporciona o levantamento detalhado de uma função,

dividida em etapas que possibilitam o entendimento minucioso da atividade e das problemáticas existentes, e logo após é possível diagnosticar e fazer intervenções corretivas, toda a análise e voltado, ou seja, focado no que se associa a ergonomia.

Análise ergonômica do trabalho **IIDA, (2005)**, “ visa aplicar conhecimentos da ergonomia para analisar, corrigir e diagnosticar uma situação real de trabalho”.

Utilizamos esta ferramenta para visualizar a situação da atividade dos agentes de limpeza pública, onde junto a ela associamos outra ferramenta.

## 2.3 Método OWAS

Segundo (**MASCULO; VIDAL (2011)**), Método *OWAS* “ foi desenvolvido pela Finlândia por Karhu, Kansi e Kwoonka entre 1974-1978, juntamente com o Instituto Finlandês de Saúde Ocupacional, objetivando gerar informações para melhorar os métodos de trabalho pela identificação de posturas corporais e prejudiciais durante a realização das atividades”.

Este método nos possibilita identificar através de uma análise da tarefa qual é a postura das costas mais frequentes, a postura dos braços, postura das pernas e o esforço aplicado e assim verificar a necessidade de haver alguma correção ergonômica.

## 2.4 Agente de Limpeza Pública

É toda atividade que realiza manutenção e limpeza de setores públicos de uma determinada área. Esses profissionais devem estar interligados ao **CBO - Classificação Brasileira de Ocupações**, instituída por portaria ministerial **nº. 397, de 9 de outubro de 2002**, tem como objetivo identificação das ocupações no mercado de trabalho; **CLT - Consolidação das Leis Trabalhistas** onde dispõem dos direitos a esses profissionais; **NR 15 - Atividade e Operações Insalubres** em que dispõem limites e tolerância máxima da exposição ao ruído e calor para os profissionais, assim como no anexo 14 diz respeito ao grau de insalubridade que para esta atividade é considerada de grau máximo. Uma atividade cujo o horário de trabalho pode ser diurno ou noturno, realizando através de rodízios.

## 3 | METODOLOGIAS

O estudo é de caráter qualitativo e quantitativo onde foram coletados os dados através das informações obtidas pelos agentes de limpeza pública por meio de entrevistas e questionários de perguntas abertas e fechadas na qual serão analisados as hipóteses das reais condições a respeito do trabalho exercido por este profissional.

O local de pesquisa escolhido foi o Centro Histórico de São Luís, onde dispõem de dois coletores que cumprem um determinado horário de recolhimento do lixo.

Utilizamos no estudo de campo a Análise Ergonômica do Trabalho que nos possibilitou visualizar onde deveria haver a elaboração de recomendações para

melhoria e prevenção daquele meio laboral.

Assim como fizemos o uso do Método *OWAS* que se classificam através de um simples questionário se deve haver intervenções ergonômicas.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Evidências:



Quadro 1 – Imagens feitas durante a realização da atividade dos agentes de limpeza pública.

Fonte: Pesquisa de campo (2017).

Para representar os resultados colhidos utilizamos o Método *OWAS* que é disponibilizado no software *Ergolandia* e a ferramenta **AET** – Análise Ergonômica do Trabalho.

De uma forma simples e eficiente, através do Método *OWAS* é possível identificar a necessidade de haver intervenções ergonômicas com os agentes de limpeza pública. Após o preenchimento das perguntas proposta pelo próprio método o resultado obtido foi:

Que deve haver intervenções ergonômicas imediatas, ou seja, com total urgência em prol da saúde dos coletores. Ações corretivas que disponibilizem melhoras rápidas

para esta realidade.

## MÉTODO OWAS

De acordo com a imagem feita durante a pesquisa de campo, realizamos a construção do Método *OWAS* respondendo as perguntas propostas, onde o resultado final foi que são necessárias e intervenções ergonômicas imediatas. (APÊNDICE A).

Após esse resultado fizemos o uso da ferramenta **AET** – Análise Ergonômica do Trabalho que nos possibilitou um diagnóstico real e detalhado da atividade. Onde foi possível haver o cruzamento de informação gerado em cada um e desta forma planejar e analisar as melhores propostas de intervenções que de forma simples pudesse tratar da integridade física e mental do funcionário, além de aumentar a produtividade, agilidade, e a redução do absenteísmo.

Segue a ferramenta **AET** do Agente de Limpeza Pública:

### AET - Análise Ergonômica do Trabalho

Refere-se ao método que é capaz de analisar, diagnosticar e logo traçar medidas corretivas, em prol de solucionar problemas ergonômicos no meio laboral. É desenvolvido após conhecer o processo envolvendo o posto de trabalho, os horários de realização das tarefas, as máquinas utilizadas assim como os instrumentos.

(GUÉREN ETAL. 2001) “dizia que a análise ergonômica do trabalho é desdobrada em cinco etapas: análise da demanda, análise da tarefa, análise da atividade, diagnósticos e recomendações”.

### Análise da demanda

Nesta primeira etapa iremos analisar algumas situações problemas da atividade escolhida que é Coletor de Resíduos Público, através de um *Checklist* desenvolvido através de informações colhidas dos coletores de lixo.

<i>Checklist do Agente de Limpeza Pública</i>	
<b>Local:</b>	Reviver - Centro de São Luís
<b>Colaborador</b>	Jhon da Silva, idade: 36 anos
<b>Escolaridade</b>	Ensino Médio Incompleto
<b>Horário de Trabalho:</b>	07:00 hr as 15: 30 hr
<b>Função</b>	Coletor de lixo
<b>Há algum tipo de formação foi exigida</b>	( ) Sim ( X ) Não
<b>Pausa</b>	Apenas do almoço
<b>Treinamento</b>	1 vez na semana
<b>Benefícios Periculosidade</b>	(X) 30%
<b>Qual profissional acompanha a atividade</b>	Algumas vezes o fiscal
<b>Como funciona a liberação do EPI</b>	Não ocorre como deveria

<b>Melhorias</b>	Pausas que evitam fadigar, ginastica laboral.
<b>Problemas Relatados</b>	Falta de pausa, sobrecarga de trabalho, falta de motivação, falta da troca do <b>EPI</b> , preconceito da população, fadiga, dor lombar, risco de contrair doenças ou de desencadear, esforço repetitivo, lesões nas articulações, cobrança excessiva, corte, queda, fratura.

Quadro 2 – Checklist

Fonte: Autoria própria (2017).

## Analise da Tarefa

Analizamos nesta etapa um grupo de três colaboradores que desenvolveram sua atividade no Centro Histórico de São Luís - Reviver, onde executavam a atividade de varrição e coleta de lixo.

E para observar melhor a situação segue o anexo da imagem onde foi realizada a inspeção.



Figura 1 – Agentes de Limpeza Pública “ excursão da atividade”.

Fonte: Autoria própria (2017).

<b>INSPEÇÃO REALIZADA DURANTE A PESQUISA DE CAMPO</b>
Atividade Manual
Sobre Carga
Esforço Excessivo na Execução
Postura Inadequada
Ruído
Calor
Vibração

Quadro 3 – Inspeção

Fonte: Autoria própria (2017).

## Análise da Atividade

A atividade dos Agentes de Limpeza Pública estão inseridos na Classificação Brasileira de Ocupação (CBO) de número 5142-5 coletor de lixo, define como “trabalhadores nos serviços de coletar de resíduo, de limpeza e conservação de áreas públicas coletam resíduos domiciliares, resíduos sólidos de serviço e saúde e encaminhado para o aterro sanitário”.

Esta atividade pode ser executada diurna, noturna ou em regime de escala, como foi relatado pelos coletores nas entrevistas da nossa pesquisa de campo.

## Diagnóstico

ATIVIDADES REALIZADAS	CONSEQUÊNCIAS
Manuseio dos resíduos sólidos	Doenças infectocontagiosas, perfuração.
Percurso feito até a rota de trabalho	Fadiga
Sobrecarga psicológica e física	Fadiga, absenteísmo
Trabalho excessivo	Redução da agilidade e flexibilidade
Subida e descida da plataforma	Lesões articulares, dores lombares.
Movimento repetitivo	Lesões articulares
Levantamento de material	Lesões musculares

Quadro 4 – Consequências devido a atuação de suas atividades

Fonte: Autoria Própria (2017).

Riscos	Agentes
Físico	Ruído, vibração, radiação.
Químico	Poeiras, nevoas, fumaças
Biológico	Microrganismo em geral
Ergonômico	Postura inadequada, esforço estático.
Mecânico/Acidente	Queimadura, queda do mesmo nível ou de diferentes níveis, corte, fratura.
Psicossocial	Stress, absenteísmo, desanimação, depressão, diminuição da produção.

Quadro 5 – Descrição dos riscos e agentes

Fonte: Autoria própria (2017).

## Recomendações

Recomendações – Agente de Limpeza Pública
Realizar ginástica laboral
Desenvolver projetos de conscientização com a população e com os funcionários
Disponibilizar um local adequado para que eles possam guardar seus utensílios
Realizar treinamentos
Disponibilizar psicólogos e demais profissionais

Disponibilizar locais adequados para refeições e descanso
Traçar um projeto com objetivo de disponibilizar o <b>EPI</b> de acordo com a necessidade do colaborador
Baixar a plataforma do caminhão
Acoplar um lugar para fazer o traslado do colaborador no caminhão
Realizar campanhas de conscientização, reciclagem e a reeducação da população
Utilizar ferramentas que tracem escalas
Programar pausas

Quadro 6 – Medidas e orientações em prol do bem estar do colaborador

Fonte: Aatoria própria (2017).

Portanto a análise foi concluída que de acordo com os dados encontrado nesta ferramenta foi possível ratificar a necessidade de intervenções ergonômica sendo semelhante aos resultados do Método *OWAS*.

## 5 | CONCLUSÃO

De acordo com os dados mencionados concluímos que a atividade exercida pelos profissionais de limpeza pública requer uma grande atenção e intervenções ergonômicas com a finalidade de melhoria na sua atividade e na sua saúde em geral. Todos esses aspectos trazem benefícios de diferentes núcleos tais como: diminuição de doenças, melhoria do trabalho, diminuição do stress, crescimento da produtividade. Todos esses métodos e intervenções estão dispostos em legislações como as **NR's**, **CLT**, **CF**, **CBO** dentre outras amparando estes colaboradores.

As atribuições que competem o engenheiro na defesa deste artigo são de buscar com seu conhecimento adquirido traçar metas que possibilitem o comprometimento da equipe como todo, de gerir e gerenciar ferramentas que facilite o andamento da atividade, assim como promover atrás de projetos a conscientização da população em relação a uma atividade de suma importância. É administrar a distribuição de **EPI's** de forma que atenda as reais necessidades dos colaboradores.

Por ser uma atividade considerada de insalubridade de grau máximo como consta na **NR 15** no anexo 14, deve receber a atenção exigida.

As ferramentas nos possibilitaram além de uma visão mais profunda da atividade o quão ela pode interferir na integridade física e psicológica do profissional, referente ao Método *OWAS* apesar de responder as nossas necessidades, poderia ser mais flexível em relação às perguntas e as respostas, devido ser já determinadas não nos da tantos detalhes.

Portanto o que foi proposto neste artigo, foi evidenciado no decorrer da elaboração, visualizamos a necessidade de haver pausas na atividade, disponibilização eficiente de **EPI**, treinamentos, campanhas educativas, disponibilização de profissionais qualificados e capacitados para realização de ginastica laboral e do próprio acompanhamento

deste profissional. Além disso, tudo é destacar o quanto essa profissão necessita de um olhar sem preconceito, mas de um olhar de gratidão pelo serviço honrado que cada agente de limpeza pública executa. Para amparar essa atividade uma **NR's** esta em processo de aprovação com data prevista para o ano de 2018.

## REFERÊNCIA

ABERGO. **Portal Ergonomia no Trabalho**. Disponível em: < <http://www.ergonomianotrabalho.com.br/abergo.html>>. Acessado em: 06 nov 2017.

APARECIDO DA SILVA, Diego; OTÁVIO GONÇALVES NETO, Laurindo; PASTI BARBOSA,

Priscila. **Análise ergonômica com a aplicação do método OWAS: Estudo de caso em uma indústria moveleira do centro-oeste do Paraná**. Disponível em: [http://www.fecilcam.br/anais/vii\\_eepa/data/uploads/artigos/8-02.pdf](http://www.fecilcam.br/anais/vii_eepa/data/uploads/artigos/8-02.pdf). Acessado em: 04 nov 2017.

BRASIL. **Manual de Segurança e Saúde no Trabalho: Normas Regulamentadoras –NRs.. 10**. Ed.São Paulo. 2013.

BRASIL. **Segurança e Medicina do Trabalho**. 12. Ed. Saraiva. São Paulo, 2013

CRESPAUMER CRUZ, Vinicius; SOUZA RAMOS DE BRITO, Flavianne; BARRETO DE MELO, Celin; PIO DA SILVA TAVARESCORREA, Alzeleni. **APLICAÇÃO DO MÉTODO OWAS E ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO EM UM SEGMENTO DE UMA EMPRESA DE GRANDE PORTE SITUADA NO MUCINÍPIO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES**. Disponível em:< [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_209\\_238\\_27002.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_209_238_27002.pdf)>. Acessado em: 08 nov 2017.

JESUS GALDINO, Silvana; TEREZINHA MALYSZ, Sandra. **OS RISCOS OCUPACIONAIS DOS GARIS COLETORES DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**. Disponível em:< <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/Percurso/article/viewFile/31986/18173>>. Acessado em: 25 nov 2017

LIDA, Itiro. **Ergonomia: Projetos e produção**. 2. Ed. Blücher Ltda. São Paulo, 2005.

Ministerio do Trabalho e Emprego. **Classificação Brasileira de Ocupação**. Disponível em:< [file:///C:/Users/Leandro%20Lops/Downloads/CBO2002\\_Liv3.pdf](file:///C:/Users/Leandro%20Lops/Downloads/CBO2002_Liv3.pdf)>. Acessado em: 10 nov 2017.

Prefeitura de Belo Horizonre. **Gari - agente que colabora para a limpeza urbana ser mais eficiente** Disponível em: <<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&app=slu&pg=5600&tax=35093>> . Acessado em: 19 nov 2017.

WEERDMEEESTER, Bernard. **Ergonomia prática**. 1. Ed. Blücher, São Paulo.

## APÊNDICE

### APÊNDICE A

**BANCO DE DADOS - MÉTODO OWAS**

Exportar

Nome do trabalhador	Jhon da Silva	 POSTURA NO TEMPO
Empresa	Prefeitura de São Luis	 VÍDEO
Setor	coletor de lixo	 IMPRIMIR
Função	agentes de limpeza Urbana	 EXCLUIR
Tarefa	1 <input type="text"/> Agente de Limpeza Urbana	 PROCURAR
Tempo nesta tarefa	100 %	 LISTA COMPLETA
Postura das costas	4 - Inclinação e torcida	 VOLTAR
Postura dos braços	3 - Ambos os braços no nível ou acima dos ombros	
Postura das pernas	7 - Andando ou se movendo	
Esforço	3 - Carga maior que 20 Kg	
Categoria de ação	4 - São necessárias correções imediatas	

1 de 1

## GESTÃO DE RISCOS DE RUPTURAS E ESTRATÉGIAS DE RESILIÊNCIA EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS

**Márcio Gonçalves dos Santos**

*Instituto Federal do Paraná – Campus Pitanga  
(IFPR). Pitanga, PR.*

**Rosane Lúcia Chicarelli Alcântara**

*Universidade Federal de São Carlos (UFSCar),  
Departamento de Engenharia de Produção. São  
Carlos, SP.*

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho é identificar os principais tipos de riscos que causam rupturas, no fornecimento e na demanda, e as estratégias desenvolvidas pela cadeia de suprimentos para alcançar a resiliência. Realizou-se a revisão sistemática de literatura em 42 artigos científicos publicados, entre 2000 a 2016, em periódicos nacionais, classificados pelo Qualis/Capes superior ou igual a B3 na área de engenharias III, e internacionais, classificados pelo Journal Quality List (2015) superior a C. Os principais riscos que causam rupturas no fornecimento estão relacionados à estrutura da base de fornecedores, falhas na comunicação com fornecedores, não conformidade na qualidade dos produtos e dependência de fornecedores. Como estratégias de resiliência têm-se ampliar a base de fornecedores, certificação e avaliação de fornecedores e manter estoques de segurança. Em relação aos riscos de rupturas na demanda verificam-se mudanças nas preferências dos clientes, falhas

no planejamento colaborativo e previsão de demanda, assimetria de informações por parte da indústria e dependência de modal logístico e/ou canal de distribuição. Como estratégias têm-se melhorar o compartilhamento de informações de demanda, planejar canais alternativos de distribuição e flexibilizar quantidades e prazos de entregas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cadeia de suprimento. Resiliência. Rupturas. Revisão Sistemática de Literatura.

**ABSTRACT:** The purpose of this paper is to identify the main types of risks that cause disruption, both in supply and demand, and the strategies developed by the supply chain to achieve resilience. A systematic literature review was carried out in 42 scientific articles published between 2000 and 2016 in national journals, classified by Qualis / Capes higher than or equal to B3 in the area of engineering III, and international, classified by the Journal Quality List (2015) higher than C. The main risks that cause supply disruptions are related to the structure of the supplier base, failures in communication with suppliers, nonconformity in the quality of products and dependence on suppliers. Resiliency strategies include expanding supplier base, supplier certification and valuation, and maintaining safety stocks. Regarding the risks of demand disruptions, there

are changes in customer preferences, failures in collaborative planning and demand forecasting, information asymmetry by industry and dependence on logistics modal and / or distribution channel. Strategies have been to improve the sharing of demand information, to plan alternative distribution channels, and to flex delivery quantities and deadlines.

**KEYWORDS:** Supply Chain. Resilience. Disruption. Systematic Literature Review.

## 1 | INTRODUÇÃO

O termo “risco” tem significados diferentes, bem como interpretações distintas, dependendo da área e do contexto no qual é empregado (WAGNER; BODE, 2008). No contexto de cadeias de suprimentos, o termo risco diz respeito à potencial ocorrência de eventos que possam dificultar ou impossibilitar os fluxos de produtos, serviços e informações, desde o primeiro fornecedor até o consumidor final, afetando negativamente o desempenho das empresas (JÜTTNER; PECK; CHRISTOPHER, 2003; ZSIDISIN, 2003; PECK, 2005).

Matematicamente falando, o “risco”, representa uma combinação da probabilidade de ocorrência de um evento e de sua gravidade potencial (CRAIGHEAD et al, 2007; SHEFFI, 2005). Essa ideia realça as duas dimensões que caracterizam o risco: impacto e probabilidade de ocorrência (FAISAL; BANWET; SHANKAR, 2006).

Assim, poderão existir riscos de alto impacto, mas com baixa probabilidade de ocorrência, entretanto, se ocorrerem poderão ocasionar rupturas e perdas significativas. Por outro lado, a cadeia de suprimentos poderá estar sujeita a riscos com alta probabilidade de ocorrência, mas os impactos decorrentes são baixos.

Nesse sentido, Sheffi (2005) classifica os riscos de acordo com a probabilidade de ocorrência (alta ou baixa) e suas consequências (leves ou severas), conforme figura 1. Assim, determinar os principais tipos de riscos de rupturas bem como a probabilidade de ocorrência desses riscos é vital para a gestão da resiliência da cadeia de suprimentos.

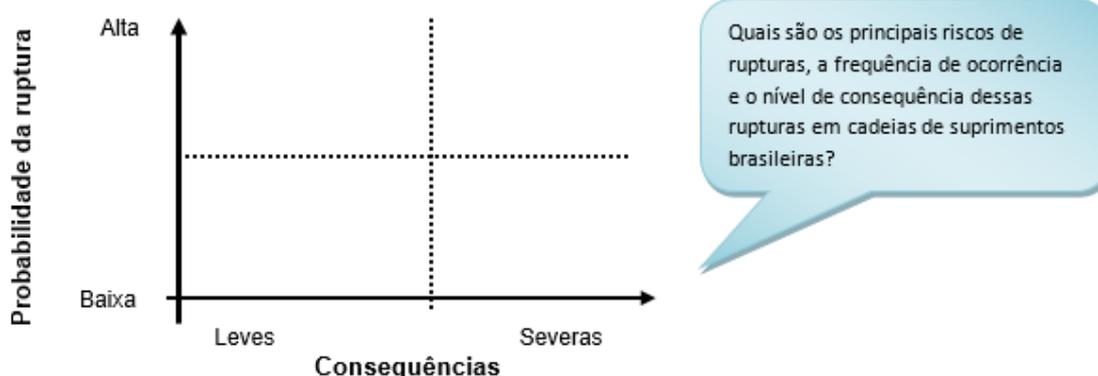


Figura 1 - Esquema de classificação dos tipos de riscos

Fonte: Baseado em Sheffi, 2005.

Os riscos que causam rupturas podem se materializar a partir de várias áreas, internas e externas, na cadeia de suprimentos. Conseqüentemente, sua natureza pode ser altamente divergente (WAGNER; BODE, 2006). Para lidar com rupturas as cadeias de suprimentos precisam tornar-se resilientes (CHRISTOPHER; PECK, 2004; PONOMAROV; HOLCOMB, 2009; SHEFFI; RICE, 2005).

Resiliência é a capacidade adaptativa de uma cadeia de suprimentos para reduzir a probabilidade de enfrentar rupturas violentas, resistir à propagação da ruptura mantendo o controle sobre sua estrutura e funcionamento, e recuperar-se e responder por meio de planos reativos imediatos eficazes para transcender a ruptura e restaurar a cadeia de suprimentos a um estado robusto de operações (KAMALAHMADI; PARAST, 2016).

Nesse contexto, o propósito deste trabalho é identificar os principais tipos de riscos que causam rupturas no fornecimento e na demanda e as estratégias desenvolvidas pela cadeia de suprimentos para alcançar a resiliência.

## **2 | REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

A revisão sistemática de literatura é uma metodologia para identificar, selecionar e analisar dados secundários (DENYER; TRANFIELD, 2009). Neste trabalho, baseou-se nos três estágios sugeridos por Tranfield; Denyer e Smart (2003) e Tranfield et al. (2004), mostrado na figura 2.

### **2.1 Planejamento da revisão**

A proposta da Revisão Sistemática da Literatura deste artigo consiste em identificar os riscos que causam rupturas, do lado da demanda e do fornecimento, em cadeias de suprimentos e identificar as principais estratégias que permitem à resiliência da cadeia.

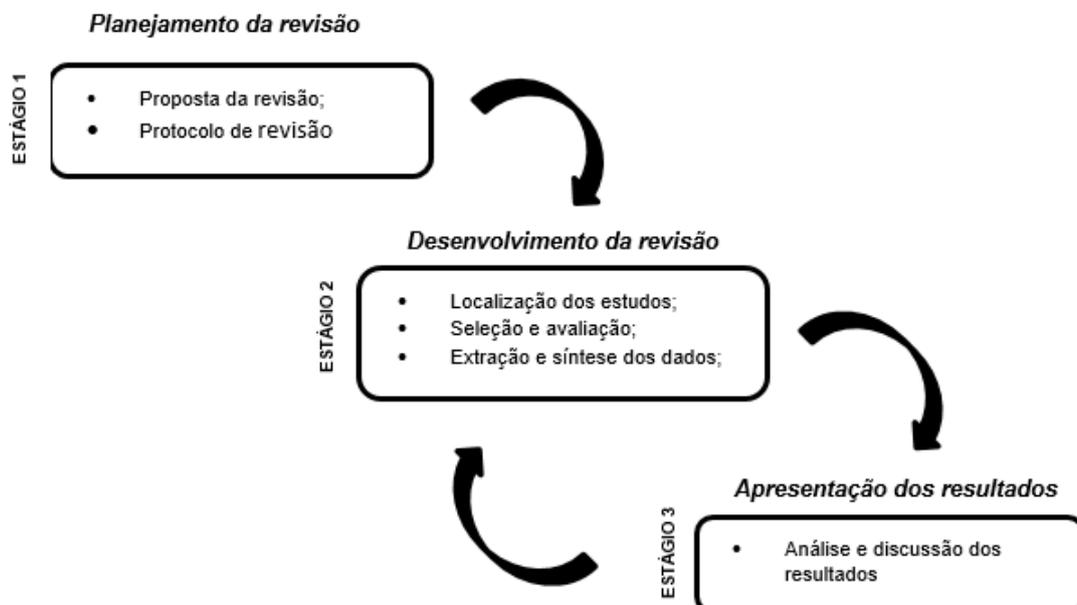


Figura 2 - Estágios para a Revisão Sistemática da literatura

Fonte: adaptado de Tranfield, Denyer e Smart (2003, p.214) e Tranfield et al. (2004, p.380).

Optou-se por coletar os dados a partir de artigos científicos publicados, no período de 2000 a 2016, nos periódicos de maior relevância para a área de Gestão de Operações, especialmente para a gestão da cadeia de suprimentos, disponíveis nas bases de dados internacionais Web of Science e Scopus e nacionais SciElo e SPELL. As buscas delimitaram-se em documentos que continham as palavras-chave “supply chain resilience”, “resilient supply chain”, “supply chain disruptions”, “supply chain disruption risk” no título e/ou resumo, para o caso de artigos redigidos em língua inglesa, e “resiliência em cadeias de suprimentos” no título, para artigos redigidos em língua portuguesa.

## 2.2 Desenvolvimento da revisão

O quadro 01 apresenta o protocolo utilizado para definir o processo de desenvolvimento da revisão.

- *Localização dos estudos*

Realizou-se buscas avançadas nas bases de dados utilizando-se os *strings* (“supply chain\*”) AND (resilien\*) OR (disrupt\*), para as bases de dados que indexam periódicos internacionais, e (“cadeia de suprimentos”) AND (“resiliência”) para as bases de dados nacionais. As buscas limitaram-se a artigos e revisões publicados até o ano de 2016.

Estágios		Detalhamento
Planejamento da revisão	Estratégia para identificar estudos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buscas nas bases de dados: <i>Web of science</i>; <i>Scopus</i>; <i>SciElo e Spell</i>;</li> <li>- Período de buscas: 2000 a 2016</li> <li>- Definição de palavras chaves: “<i>supply chain resilience</i>”; “<i>resilient supply chain</i>”, “<i>supply chain disruption</i>”, “<i>supply chain risk</i>”;</li> <li>- Definição de <i>strings</i> de busca: “<i>supply chain*</i>” AND “<i>resilien*</i>” OR “<i>disrupt*</i>” / “cadeia de suprimentos” E “resiliência” OU “rupturas”.</li> <li>- Estudos publicados nas línguas portuguesa e inglesa.</li> </ul>
	Seleção dos estudos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicação de filtros nas bases de dados: Limitar às áreas de engenharias (<i>engineering</i>), engenharia industrial (<i>industrial engineering</i>), negócios, gestão e contabilidade (<i>business, management and accounting</i>) e pesquisas em ciências e gestão de operações (<i>operations research management science</i>).</li> <li>- Periódicos nacionais das áreas de gestão e negócios classificados pela avaliação da capes, quadriênio 2013 - 2016, com conceito igual ou superior a B3 na área de engenharias III.</li> <li>- Periódicos classificados pelo <i>Journal Quality List</i> (2015) nas áreas <i>Operations Research, Management Science, Production &amp; Operations Management</i>.</li> </ul>
Desenvolvimento da revisão	Avaliação dos estudos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leitura prévia de título, resumo e palavras-chave;</li> <li>- Leitura da Introdução, conclusão e leitura dos subtítulos;</li> <li>- Avaliação sobre três pontos principais: qualidade da execução do estudo, adequação à questão de revisão e, adequação ao foco da revisão.</li> </ul>
	Extração e síntese dos dados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leitura completa dos artigos;</li> <li>- Uso do software “<i>Mendeley Desktop</i>” para gerenciar o material de revisão.</li> </ul>
Resultados	Análise e discussão dos resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso do método de análise de conteúdo por meio da síntese e discussão dos diferentes conceitos, mecanismos apresentados e autores analisados;</li> <li>- Síntese dos tipos de riscos de rupturas no fornecimento, demanda e externos à cadeia de suprimentos e principais estratégias para a resiliência.</li> </ul>

Quadro 1 - Protocolo de pesquisa para a revisão sistemática de literatura

Fonte: Elaborado pelos autores

A busca nas bases *SciElo* e *SPELL* foi realizada em junho de 2016, resultando em 02 artigos publicados em periódicos nacionais (GRAEML; PEINADO, 2014; SCAVARDA et. al., 2015). Nas bases de dados internacionais *scopus*, e *web of science* as buscas ocorreram em maio de 2016. Para a base de dados *scopus* utilizou-se os seguintes limitadores de buscas: áreas de engenharias (*engineering*), negócios, gestão e contabilidade (*business, management and accounting*), artigos publicados nas línguas inglesa e portuguesa, finalizando a busca com 594 artigos. Na base de dados *Web of Science* as buscas limitaram-se nas áreas de engenharia industrial (*industrial engineering*), negócios (*business*), pesquisas em ciências e gestão de operações (*operations research management science*), somente ao idioma da língua inglesa, resultando em 495 artigos.

- Seleção dos estudos

Para reduzir o, possível, viés do processo de revisão sistemática definiram-se os critérios de inclusão e exclusão dos estudos, apresentado no quadro 02.

Dimensões	Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
<b>Aspectos gerais do artigo</b>	Artigos que tratam de Resiliência em Cadeia de suprimentos ou de Rupturas no fornecimento e na demanda em cadeias de suprimentos.	Artigos que tratam de resiliência em outros contextos, como cidades, organizacional etc... Ou rupturas sem considerar os elos fornecimento ou demanda na cadeia de suprimentos.
<b>Qualidade do periódico</b>	Artigos publicados em periódicos científicos das áreas de gestão e negócios classificados pelo <i>Journal Quality List</i> (2015) superior a C, ou classificados pela CAPES, quadriênio 2013-2016, com classificação superior a B3 na área de engenharias III. Artigos identificados pelo cruzamento de referências.	Periódicos científicos fora da área de gestão e negócios, ou não classificados pelo <i>Journal Quality List</i> (2015), publicações comerciais, conferências ou sites; ou periódicos nacionais com classificação inferior a B3 na área de engenharias III. Artigos de congresso.
<b>Acessibilidade</b>	Artigos disponíveis na íntegra nas línguas portuguesa e inglesa.	Artigos que não estiverem disponíveis na íntegra ou escritos em outras línguas;

Quadro 2 - Critérios de inclusão e exclusão dos artigos

Fonte: Elaborado pelos autores

Ao final, restaram 174 artigos para serem lidos na íntegra e submetidos ao processo de avaliação.

- Avaliação dos estudos

Para a avaliação considerou-se os critérios de qualidade, alto e médio, empregados nas dimensões alinhamento do estudo à proposta de revisão e a adequação do estudo para o foco da revisão (HARDEN; GOUGH, 2012). Ao final do processo de avaliação, resultaram 42 (quarenta e dois) trabalhos científicos para a fase de extração e síntese dos dados.

- Extração e síntese dos dados

A partir da análise qualitativa do material selecionado, utilizou-se o método de análise de conteúdo (BARDIN, 1977), para identificar a existência de padrões entre eles e atender o propósito da revisão.

### 3 | RISCOS DE RUPTURAS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS

Vários pesquisadores propuseram classificações de riscos em forma de tipologias

e/ ou taxonomias de riscos (CHOPRA; SODHI, 2004; CHRISTOPHER; PECK, 2004; JUTTNER; PECK, CHRISTOPHER, 2003; SVENSSON, 2002).

Contudo, existem duas grandes categorias de riscos que podem afetar o desempenho e o gerenciamento da cadeia de suprimentos (KLEINDORFER; SAAD, 2005): riscos provenientes de problemas na coordenação entre abastecimento e demanda; e riscos provenientes de rupturas das atividades normais das empresas (desastres naturais, greves, crise econômica, atos de sabotagem ou até ações terroristas).

Christopher e Peck (2004) propuseram uma categorização, facilmente compreensível, das origens dos riscos em cadeias de suprimentos, a saber: riscos internos à empresa focal (operações, processos e controle); riscos externos à empresa focal, mas internos à cadeia de suprimentos (fornecimento e demanda) e; riscos externos à cadeia de suprimentos (ambiente externo).

Estes três conjuntos de riscos, atuando juntos ou separadamente, podem gerar perdas financeiras, de recursos físicos e humanos, ou de imagem para a cadeia de suprimentos (CHRISTOPHER; PECK, 2004).

Contudo, de acordo como Dani (2009), os riscos que mais impactam as cadeias de suprimentos estão relacionados ao ambiente interno das mesmas, ou seja, riscos envolvendo o fornecimento e a demanda. Entretanto, no contexto de resiliência em cadeias de suprimentos os riscos provenientes do ambiente externo são extremamente relevantes.

No intuito de delimitar o escopo dos tipos de riscos de rupturas considerados nesta pesquisa, optou-se por categorizá-los em rupturas no fornecimento e rupturas na demanda, pois são os tipos mais comuns e prevalentes de rupturas em cadeias de suprimentos (FINCH, 2004; WAGNER; BODE, 2008), e abordá-los com base nas origens causais e principais fontes de rupturas (BLACKHURST et. al., 2005; WAGNER; BODE, 2006).

### **3.1 Fontes de rupturas no fornecimento e estratégias de resiliência**

As rupturas no fornecimento são eventos inesperados que podem afetar o fluxo normal (planejado) de materiais e de componentes ao longo de uma cadeia de suprimentos (SVENSSON, 2002). Algumas pesquisas foram desenvolvidas considerando-se os riscos de rupturas no lado do fornecimento (CHOPRA; SODHI, 2004; TANG; TOMLIN, 2008; SON; ORCHARD, 2013.). Sob esta perspectiva, a literatura mostra que as principais fontes de rupturas no lado do fornecimento estão relacionadas à base de fornecimento, a carteira de fornecedor ou rede de fornecedores, incluindo, por exemplo, as relações com fornecedores, a complexidade da base de fornecimento, a estrutura da base de fornecimento (WAGNER; NESHAT, 2010).

Além disso, segundo Diabat; Govidan e Panicker (2012) algumas rupturas no fornecimento têm como origem a falência de fornecedores, as falhas na comunicação

entre fornecedores e clientes, a má qualidade dos produtos fornecidos, além de atrasos na entrega.

Sob esta perspectiva, construir cadeias de suprimentos resilientes pode ajudar a reduzir e superar a exposição (vulnerabilidade) aos riscos (PECK, 2005; SVENSSON, 2002; TANG, 2006; WAGNER; BODE, 2006) por meio do desenvolvimento de estratégias que permitam às cadeias de suprimentos recuperarem-se a seu estado original de funcionamento (ou melhorado) após sofrer uma interrupção (JUTTNER; MAKLAN, 2011).

Sendo assim, nota-se que alguns autores sugerem, como estratégia, manter reservas estratégicas de estoques (SHEFFI, 2005 E CHRISTOPHER; PECK, 2004), enquanto outros falam em manter estoques de segurança (PETTIT; FIKSEL; CROXTON, 2010; RICE; CANIATO, 2003) e buffers como medidas paliativas para proteger as empresas de possíveis efeitos oriundos das rupturas no fornecimento (BLACKHURST et. al., 2005).

Outro fator de risco considerado é a dependência de fornecedor único (RICE; CANIATO, 2003; SHEFFI, 2005; CHRISTOPHER; PECK, 2004). Assim, além de manter uma ampla base de fornecimento, Mascaritolo e Holcomb (2008) sugerem utilizar critérios para selecioná-los, tais como avaliar a estabilidade territorial dos fornecedores, qualidade do produto, estabilidade financeira dentre outros. Tais estratégias ajudam a minimizar os impactos de rupturas no fornecimento. Blackhurst et. al., (2005) também consideram as falhas na entrega do fornecedor, devido a greves de trabalho ou problemas de qualidade na matéria-prima, como situações de riscos de rupturas no fornecimento.

A figura 3 apresenta as principais fontes de rupturas no fornecimento e as estratégias de gestão da resiliência identificadas na literatura.

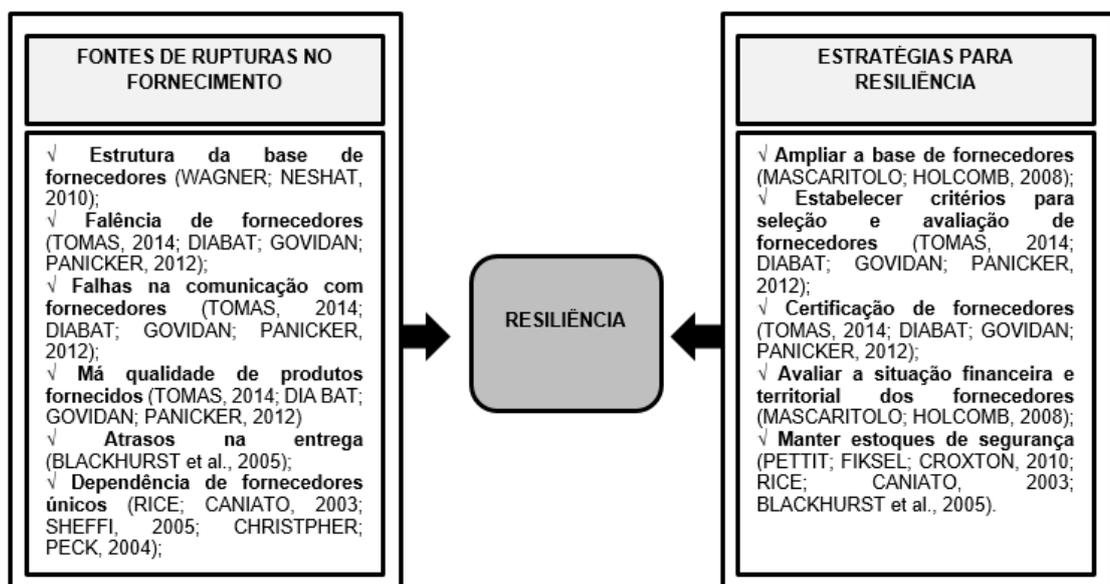


Figura 3 – Fontes de rupturas no fornecimento e estratégias de resiliência

Fonte: Elaborado pelos autores

No que diz respeito à má qualidade dos produtos fornecidos, estratégias como a certificação de fornecedores, programas de gestão da qualidade e auditorias podem ajudar os gestores a selecionarem os fornecedores mais confiáveis e reduzir o risco de ruptura pela falta de qualidade (TOMAS, 2014; DIABAT; GOVIDAN; PANICKER, 2012).

### 3.2 Fontes de rupturas na demanda e estratégias de resiliência

Os riscos de rupturas do lado da demanda estão relacionados com o funcionamento da cadeia de suprimentos a jusante, ou seja, estão diretamente relacionados ao cliente (por exemplo, dependência de clientes, a situação financeira do cliente), ao produto e suas características (por exemplo, complexidade e ciclo de vida), ao fluxo da logística de saídas (*outbound*) da cadeia de suprimentos (por exemplo, a distribuição física dos produtos ao cliente final) e, as operações de distribuição e transporte necessárias para servir o cliente final (WAGNER; NESHAT, 2010).

De maneira geral, os riscos de rupturas relacionados com a demanda ocorrem por vários motivos, como mudanças imprevisíveis nas preferências dos clientes (GOLGECI; PONOMAROV, 2013), falta de planejamento colaborativo com clientes (CHRISTOPHER e PECK, 2004), falta de acurácia nos métodos de previsão de demanda (MANUJ e MENTZER, 2008; LIU; LIN; HAYES, 2010), dependência de modal logístico único (SHEFFI, 2005; TANG, 2006), dependência de rota única de distribuição (CHRISTOPHER; PECK, 2004) ou do canal de distribuição (RICE; CANIATO, 2003), baixa visibilidade do fluxo de estoques da cadeia (BARRAT; OKE, 2007), ineficiência no compartilhamento de informações (BRANDON-JONES, et. al., 2014) ou baixa comunicação com os clientes (WIELAND; WALLENBURG, 2013).

Outro ponto a ser considerado é a assimetria de informações para gerenciar a demanda. Na maioria das situações, os membros da cadeia de suprimentos não obtêm informações precisas sobre a demanda a partir dos varejistas. Ou seja, as informações de demanda são muitas vezes conhecida pelos varejistas, mas não são pelos fabricantes ou atacadistas (LEI; LI; LIU, 2012). Apesar disso, na prática, a informação perfeita sobre a demanda do mercado pode ser difícil ou impossível de obter, no período de planejamento, para os produtos de ciclo de vida curto, e, portanto, rupturas na demanda são muito comuns (HUANG; YANG; ZHANG, 2012).

Apesar da maioria das estratégias de gestão de rupturas em cadeias de suprimentos ter como foco a gestão de rupturas no fornecimento, Shão (2012) argumenta que as estratégias de gestão de rupturas na demanda também podem ser uma maneira eficaz para reagir às rupturas quando a oferta de um determinado produto é interrompida. O autor sugere o uso de mecanismo de preços e promoções para atrair clientes para os produtos que estão disponíveis, quando a oferta de determinado produto é interrompido.

Sob esta perspectiva, cabe destacar que diferenças entre as projeções de

demanda de uma empresa e sua demanda real também podem ocasionar interrupções ao longo de uma cadeia de suprimentos (WAGNER e BODE, 2008). Estratégias como o compartilhamento de informações com os clientes (WIELLAND; WALLENBURG, 2013; SCHOLTEN; SCHILDER, 2015) e cooperação com os concorrentes (ZHANG; DADKHAH; EKWALL, 2011) são indicadas nessas situações.

A figura 4 apresenta a síntese das fontes de rupturas e das estratégias de resiliência no lado da demanda.

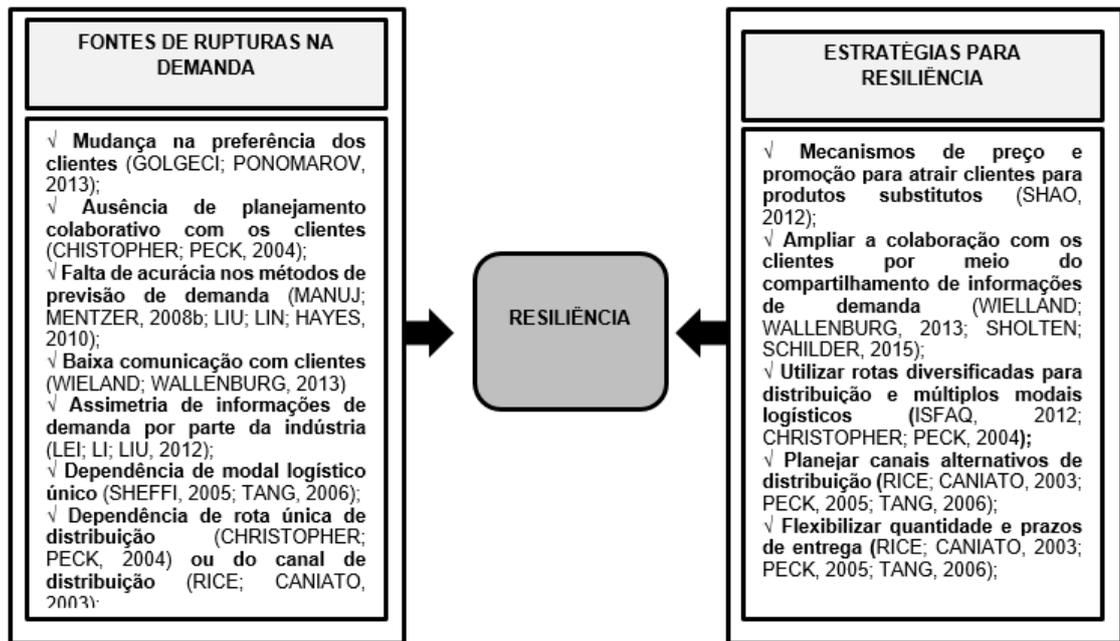


Figura 4 – Fontes de rupturas na demanda e estratégias de resiliência

Fonte: Elaborado pelos autores

Em se tratando de cadeias agroindustriais, Vlajic; van der Vorst e Haijema, (2012) chamam a atenção para o fato de que estas possuem determinadas características que podem gerar riscos envolvendo a demanda que não são comuns às demais cadeias industriais. Devido às características das cadeias agroindustriais, como a perecibilidade de produtos, variabilidade da produção, influência de fatores climáticos e biológicos, nota-se que muitas pesquisas ainda são necessárias para um entendimento sólido acerca de quais riscos impactam as cadeias agroindustriais, principalmente, no que diz respeito à demanda (SHAO, 2012), além da compreensão dos caminhos a serem percorridos para alcançar a resiliência da cadeia como um todo.

Além disso, as empresas estão sujeitas a riscos externos que podem afetar tanto o lado do fornecimento quanto o lado da demanda, e podem causar rupturas no fluxo de funcionamento da cadeia de suprimentos. A seguir descrevem-se algumas fontes de rupturas externas que devem ser consideradas à medida que elas impactam o fornecimento e a demanda das cadeias agroindustriais.

### 3.3 Fontes de rupturas externas à cadeia

Com relação à categoria de riscos externos à cadeia que podem levar à rupturas, eles estão ligados aos riscos provenientes de desastres naturais (ABE; YE, 2013; BAKSHI; KLEINDORFER, 2009), ataques terroristas (BAKSHI; KLEINDORFER, 2009; SHEFFI, 2005; URCIUOLI et.al., 2014) ou crises financeiras mundiais (JÜTTNER; MAKLAN, 2011).

Quando a abordagem de análise é a resiliência da cadeia de suprimentos, essa categoria de riscos externos à cadeia tem sido o principal foco de análise dos estudos (URCIUOLI et. al., 2014), uma vez que esses eventos são mais difíceis de serem previstos e sua ocorrência têm impactado fortemente as cadeias de suprimentos nos últimos anos (JÜTTNER e MAKLAN, 2011).

As origens dos riscos de rupturas externos a cadeia de suprimento estão diretamente relacionados ao ambiente em que a cadeia opera. Vlajic; van der Vorst e Haijema (2012) categorizaram algumas fontes de riscos externos à cadeia agroalimentar (figura 5).

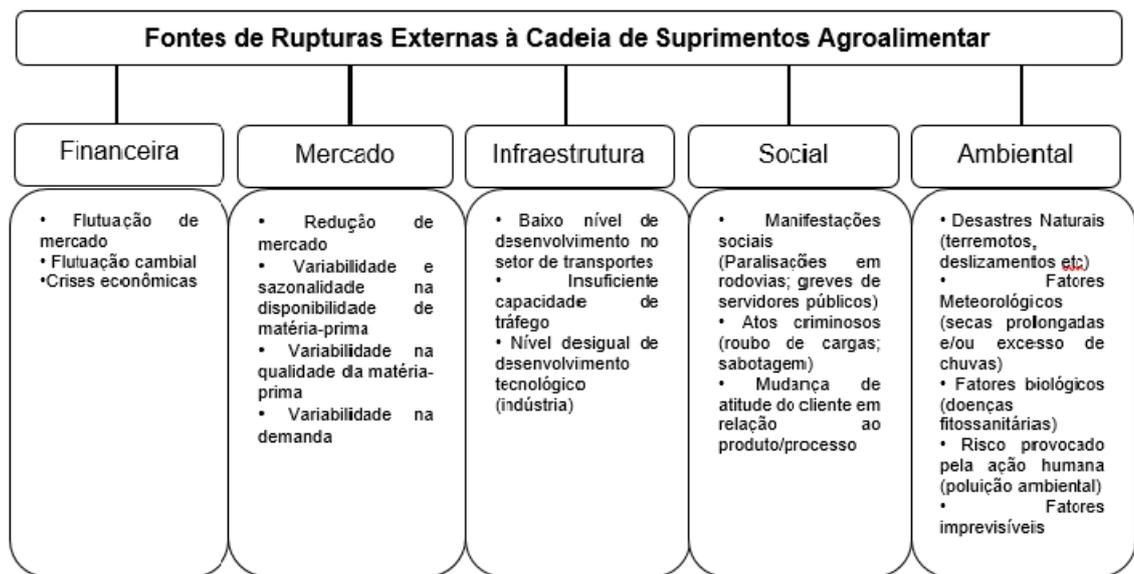


Figura 5 - Fontes de rupturas externas à cadeia agroalimentar

Fonte: Elaborado pelos autores baseado em Vlajic; van der Vorst; Haijema (2012)

Gerenciar essas fontes de rupturas externas à cadeia é de vital importância, entretanto são necessárias mais pesquisas direcionadas à resiliência de cadeias de suprimentos agroindustriais, para verificar como as empresas desenvolvem estratégias para alcançar a resiliência da cadeia em relação a essa categoria de riscos (VLAJIC; van der VORST; HAIJEMA, 2012).

Um evento casual pode ameaçar apenas um processo da cadeia, entretanto se não for gerenciado pode resultar num efeito dominó e afetar outros processos (WATERS, 2007) causando a amplificação do impacto (WU; BLACKHURST; O'GRADY, 2007).

## 4 | CONCLUSÃO

Os riscos que causam rupturas na cadeia de suprimentos podem ser de origem interna à cadeia, fornecimento/demanda, ou externos à cadeia. Os riscos que causam rupturas no lado do fornecimento estão relacionados à estrutura da base de fornecedores, falhas na comunicação com fornecedores, não conformidade na qualidade dos produtos e dependência de fornecedores. Como estratégias de resiliência têm-se ampliar a base de fornecedores, certificação e avaliação de fornecedores e manter estoques de segurança.

Em relação aos riscos de rupturas na demanda verificam-se mudanças nas preferências dos clientes, falhas no planejamento colaborativo e previsão de demanda, assimetria de informações por parte da indústria e dependência de modal logístico e/ou canal de distribuição. Como estratégias têm-se melhorar o compartilhamento de informações de demanda, planejar canais alternativos de distribuição e flexibilizar quantidades e prazos de entregas.

## REFERÊNCIAS

ABE, M.; YE, L.: **Building Resilient Supply Chains against Natural Disasters: The Cases of Japan and Thailand**. *Global Business Review*. Vol. 14, nº 4, pp. 567–586, 2013.

BAKSHI, N.; KLEINDORFER, P.: **Co-opetition and Investment for Supply-Chain Resilience**. *Production and Operations Management*. Vol. 18, nº 6, pp. 583-603, 2009.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Edições 70, Lisboa (2008), tradução da versão original: Presses Universitaires de France, 1977.

BARRAT, M.; OKE, A.: **Antecedents of supply chain visibility in retail supply chains: A resource-based theory perspective**. *Journal of Operations Management*, Vol. 25, pp. 1217–1233, 2007.

BLACKHURST, C.; CRAIGHEAD, W.; ELKINS, D.; HANDFIELD, R. B.: **An empirically derived agenda of critical research issues for managing supply-chain disruptions**. *International Journal of Production Research*, Vol, 43, nº 19, pp. 4067-4081, 2005.

BODE, C.; WAGNER, S.M.: **Structural drivers of upstream supply chain complexity and the frequency of supply chain disruptions**. *Journal of Operations Management*. Vol, 36, pp. 215–228, 2015.

BRANDON-JONES, E.; SQUIRE, B.; AUTRY, C. W.; PETERSEN, K. J.: **A contingent resource-based perspective of supply chain resilience and robustness**. *Journal of Supply Chain Management*. Vol, 50, nº 3, pp. 55-73, 2014.

CHRISTOPHER, M.; PECK, M. **Building the Resilient Supply Chain**. *The International Journal of Logistics Management*. Vol, 15, nº 2, 2004.

CHOPRA, S.; SODHI, M. S. **Managing risk to avoid supply chain breakdown**. *MIT Sloan Management Review*, v. 46, n. 1, p. 53-61, 2004.

CRAIGHEAD, C. W.; BLACKHURST, J.; RUNGTUSANATHAM, M. J.; HANDFIELD, R. B. **The Severity of Supply Chain Disruptions: Design Characteristics and Mitigation Capabilities**.

Decision Sciences. Vol. 38, nº 1, 2007.

DANI, S. **Predicting and managing supply chain risk**. In: ZSIDISIN, G. A.; RITCHIE, B. (eds.). Supply Chain Risk: A handbook of assessment, management and performance. New York: Springer, p. 53-64, 2009.

DENYER, D.; TRANFIELD, D.: **Producing a systematic review**. In BUCHANAN, D.A; BRYMAN, A. (eds), The Sage Handbook of Organizational Research Methods, Sage Publications, London, pp. 671-89, 2009.

DIABAT, A.; GOVIDAN, K.; PANICKER, V.V. **Supply chain risk management and its mitigation in a food industry**. International Journal of Production Research, v. 50, n. 11, p. 3039-3050, 2012.

FAISAL, M.N., BANWET, D.K. AND SHANKAR, R. **Mapping supply chains on risk and customer sensitivity dimensions**. Industrial Management & Data Systems, v. 106, n. 6, p. 878-895, 2006.

FINCH, P. **Supply chain risk management**. Supply chain management: an International Journal, v.9, n. 2, p. 183-96, 2004.

GOLGECI, I.; PONOMAROV, S. Y. **Does firm innovativeness enable effective responses to supply chain disruptions?** An empirical study. Supply chain management: An International Journal. Vol. 18, nº 6, pp. 604 – 617, 2013.

GRAEML, A. R.; PEINADO, J.: **O efeito das capacidades logísticas na construção da resiliência da cadeia de suprimentos**. Revista de Administração. São Paulo, V. 49, pp. 642-655, 2014.

HARDEN, A.; GOUGH, D.: **Quality and relevance appraisal**. In: GOUGH, D.; OLIVER, S.; THOMAS, J. An introduction to systematic reviews. London: Sage, pp. 153-178, 2012.

HUANG, S.; YANG, C.; ZHANG, X.: **Pricing and production decisions in dual-channel supply chains with demand disruptions**. Computers & Industrial Engineering. Vol, 62, pp. 70–83, 2012.

JUTTNER, U.; MAKLAN, S. **Supply chain resilience in the global financial crisis: an empirical study**. Supply Chain Management: An International Journal. Vol. 16, nº 4, pp. 246-259, 2011.

JUTTNER, U.; PECK, H.; CHRISTOPHER, M.: **Supply chain risk management: outlining an agenda for future research**. International Journal of Logistics: Research and Applications. Vol. 6 No. 4, pp. 199-213, 2003.

KLEINDORFER, P. R.; SAAD, G. H. **Managing disruption risks in supply chains**. Production & Operations Management, v. 14, p. 53-68, 2005.

LEI, D.; LI, J.; LIU, Z.: **Supply chain contracts under demand and cost disruptions with asymmetric information**. International Journal of Production Economics. Vol, 139, nº 1, pp. 116-126, 2012.

LIU, S.; LIN, J.; HAYES, K. A. **An agile and diversified supply chain: reducing operational risks**. Competitiveness Review: An International Business Journal incorporating Journal of Global Competitiveness, v. 20, n. 3, p. 222-234, 2010.

MASCARITOLO, J.; HOLCOMB, C.: **Moving towards a Resilient Supply Chain**. Journal of Transportation Management. Vol. 19, nº 2, pp. 71–83, 2008.

PECK, H. **Drivers of supply chain vulnerability: an integrated framework**. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 36, n. 4, p. 210-32, 2005.

- PETTIT, T. J.; FIKSEL, J.; CROXTON, K. L.: **Ensuring Supply Chain Resilience: Development of a Conceptual Framework**. Journal of Business Logistics. Vol. 31, nº 1, 2010.
- RICE, J.; CANIATO, F. **Building a secure and resilient supply network**. Supply Chain Management Review. September/October, pp. 22-30, 2003.
- SCAVARDA, L. F.; CERYNO, P. S.; PIRES, S.; KLINGEBIEL, K.: **Supply Chain Resilience Analysis : a Brazilian Automotive Case**. RAE - Revista de Administração de Empresas. Vol. 55, nº 3, pp. 304-313, 2015.
- SHAO, X.: **Demand-side reactive strategies for supply disruptions in a multiple-product system**. International Journal of Production Economics. Vol. 136, nº 1, pp. 241-252, 2012.
- SHEFFI, Y.: **Building a culture of flexibility**. World Trade, v. 18 n. 12, p. 26-9, 2005.
- SVENSSON, G. **A conceptual framework of vulnerability in firm inbound and outbound logistics flows**. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v. 32 n. 2, p. 110-34, 2002.
- SCHOLTEN, K.; SCHILDER, S.: **The role of collaboration in supply chain resilience**. Supply Chain Management: An International Journal. Vol. 20, Nº 4, pp. 471 – 484, 2015.
- SON, J. Y.; ORCHARD, R. K.: **Effectiveness of policies for mitigating supply disruptions**. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. Vol. 43. nº 8, pp. 684 – 706, 2013.
- TANG, C.; TOMLIN, B. **The power of flexibility for mitigating supply chain risks**. International Journal of Production Economics. Vol. 116, nº 1, pp. 12 – 27, 2008.
- TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P.: **Towards a methodology for developing evidence – informed management knowledge by means of systematic review**. British journal of Management, V. 14, 2003.
- TRANFIELD, D.; DENYER, D.; MARCOS, J.; BURR, M.: **Co-producing management knowledge**. Management Decision. Vol. 42, Nº 3/4, pp. 375-386, 2004.
- TOMAS, R. N.: **Mitigação de riscos e compartilhamento de informações na cadeia de suprimentos: efeitos na melhoria do desempenho de empresas agroindustriais**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.
- URCIUOLI, L., MOHANTY, S., HINTSA, F. AND BOEKESTEIJN, E. G.: **The resilience of energy supply chains: a multiple case study approach on oil and gas supply chains to Europe**. Supply Chain Management: An International Journal. Vol.19, nº.1, pp. 46– 63, 2014.
- Waters, D.: **Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics**. Kogan Page Limited, London, 2007.
- VLAJIC, J. V.; Van der VORST, J. G .A. J; HAIJEMA, R.: **A framework for designing robust food supply chains**. International. Journal of Production Economics. Vol. 137, pp. 176-189, 2012.
- WAGNER, S.M.; BODE, C.: **An empirical investigation into supply chain vulnerability**. Journal of Purchasing & Supply Management. Vol, 12, nº 6, pp. 301–312, 2006.
- WAGNER, S. M.; BODE, C. **An empirical examination of supply chain performance along several dimensions of risk**. Journal of Business Logistics, v. 29, n.1, p. 307-325, 2008.

WAGNER, S. M.; NESHAT, N.: **Assessing the vulnerability of supply chains using graph theory.** International Journal of Production Economics. Vol. 126, nº 1, pp. 121-129, 2010.

WIELAND, A.; WALLENBURG, C. M. **The influence of relational competencies on supply chain resilience: a relational view.** International Journal of Physical Distributions & Logistics Management. Vol, 4, nº 4, pp. 300 – 320, 2013.

WU, T; BLACKHURST, J.; O'GRADY, P.: **Methodology for supply chain disruption analysis.** International Journal of Production Research. Vol. 45, nº 7, pp. 1665-1682, 2007.

ZHANG, D. DADKHAH, P.; EKWALL, D.: **How robustness and resilience support security business against antagonistic threats in transport network.** Journal of Transportation Security. Vol. 4, pp. 201-219, 2011.

ZSIDISIN, G. A. **Managerial perceptions of supply risk.** Journal of Supply Chain Management, v. 39, n. 1, p. 14-25, 2003.

## MELHORIA DOS PROCESSOS PRODUTIVOS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE GESTÃO DE PRODUÇÃO\_ ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO RAMO DE NAVEGAÇÃO

**Gabriel Lemos Ferreira**

Universidade Gama Filho

Rio de Janeiro - RJ

**Tábata Stephanie Vilela Morgado**

Universidade Gama Filho

Rio de Janeiro - RJ

**RESUMO:** Neste trabalho, foi realizada uma série de entrevistas com os colaboradores de uma empresa de navegação para verificação de pontos críticos em seus processos (dentro do ambiente corporativo) e pontos de melhoria. Utilizando ferramentas da Qualidade como o Diagrama de Pareto, Matriz Causa e Efeito, Seis Sigma e PDCA, além de métodos e tempos em relação à cronometria dos serviços executados e de mapeamento de processo utilizando ferramentas como o Visio e o Banco de Ideias. Foi mapeado o estado atual dos processos, depois realizado o diagnóstico e planejamento de planos de ações e por fim definido como seria o cenário ideal.

**PALAVRAS-CHAVE:** qualidade; processo; planejamento

### 1 | INTRODUÇÃO

A empresa escolhida para esse projeto foi fundada em 1837, Salvador, Bahia. É uma das

mais antigas empresas nacionais em atividade. Ao longo de sua trajetória, transformou-se em um grupo sólido e diversificado, focado em prestação de serviços portuários, marítimos e logísticos terrestres e hoje é uma das maiores operadoras integradas de serviços marítimos, portuários e de logística do país.

A empresa está focada em três drivers de crescimento: o fluxo de comércio internacional, o setor de óleo e gás e a economia doméstica. Suas diferentes áreas de negócios, que atuam de forma sinérgica, abrangem 16 filiais, dezenas de operações de logística, dois terminais de contêineres, estaleiros e instalações físicas distribuídas por diversas capitais brasileiras.

#### 1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste projeto é analisar e medir os processos no âmbito Financeiro de modo a viabilizar o ganho de produtividade e eficiência nos processos atingindo a estrutura ótima para a companhia em um momento pós-implantação do sistema ERP conhecido como SAP.

Alinhado com o objetivo já mencionado no parágrafo acima, outros objetivos secundários também foram traçados, como: otimizar a forma de trabalhar, definir e implementar indicadores-chaves de desempenho, eliminar redundâncias,

centralizar atividades, identificar os processos mais caros e arriscados em termos de custos e fora das práticas de mercado.

É importante ressaltar que os departamentos envolvidos nesse projeto de produtividade, são: Suprimentos, Fiscal, Financeiro e Contabilidade. Todos estes setores desempenham papéis fundamentais no escopo do processo, pois são caracterizados como cadeia e, estão diretamente relacionados entre si. O processo é iniciado na área Compras (suprimentos), na sequência passa pela equipe Fiscal, que analisa toda a parte de análise de impostos, em seguida no Financeiro, para ser efetuado os pagamentos e, por fim todos os gastos devem ser documentados, analisados e controlados pela contabilidade.

Foi montada uma equipe especialmente para esse projeto, contendo uma Gerente Geral, Líderes de Frente, Líderes de Processos, Time de Processos e Consultores Técnicos. O intuito dessa equipe foi de mapear os processos existentes do dia-a-dia e documentá-los, além de contar com a colaboração dos empregados da Companhia, dentro dos departamentos envolvidos, entrevistando-os para melhor entender a execução dos processos previamente mapeados. Com isso, foi observado diversos pontos negativos e pontos positivos que contribuiriam para o desenvolvimento de muitos processos identificados como causadores de retrabalhos ou “falhos”, que ocasionavam impactos financeiros para a Empresa.

Contudo, a fim de trabalhar nas causas e efeitos monitorados, foi necessário criar e acompanhar Indicadores de Desempenho para cada processo dito como “defeituoso” além de, como forma de melhoria na eficiência dos processos, depois da implantação do Sistema SAP, também realizou-se benchmarking e um redesenho para os cenários antigos, de acordo com as propostas sugeridas pelos próprios colaboradores da Companhia.

## 1.2 Estrutura do Trabalho

O estudo de caso busca a visualização do cenário atual promovendo o estudo, mapeamento e composição dos processos que antes não existiam na Companhia.

A organização das tarefas ficou dividida em quatro fases. Em cada fase foram usadas ferramentas específicas de acordo com a situação envolvida.

A estrutura do trabalho percorre os seguintes caminhos:

- Fase 1: “As Is” (como está)
- Fase 2: Diagnóstico e Análises
- Fase 3: “Shoud Be” (como deve ser)

Na Fase 1 do projeto chamado “como está”, o objetivo é visualizar de maneira ampla o cenário atual da Companhia. Para isso, foram utilizadas ferramentas auxiliares como o SIPOC, o Software Microsoft VISIO para composição para os processos

mapeados e o Banco de ideias.

Na Fase 2 elaborou-se a etapa chamada Diagnóstico, onde sua ideia inicial é focar no estudo, planejamento e planos de ações, contando primordialmente com a participação dos colaboradores. O objetivo é o amplo envolvimento dos funcionários com o intuito de diagnosticar os problemas e traçar oportunidades de melhorias, a partir do mapeamento dos processos efetuados pelos principais envolvidos nos processos do cotidiano. Para isso, utilizou-se ferramentas de qualidade como Diagrama de Pareto, fluxo do PDCA, Matriz de Causa e Efeito e partes dos conceitos do Six Sigma.

Na Fase 3, o Benchmarking foi uma etapa para avaliar o desempenho da Companhia em relação ao Mercado de Trabalho, a fim de embasar e propor melhores soluções para desenvolvimento de uma nova cultura de processos. Nessa mesma etapa, também foi redesenhado as estruturas organizacionais, antes conhecidas como “deficientes”.

A Conclusão Final do projeto é baseada em todo o fluxo das 3 etapas envolvidas. Seu objetivo é agregar todos os itens mencionados, de maneira resumida e otimizada. A proposta dessa fase é organizar e apresentar as ideias desenvolvidas ao longo do projeto, com o propósito de por em ação as propostas em tempos de curto, médio e longo prazo.

## 1.3 Análise de Processos

### 1.3.1 SIPOC

Para a melhoria de processos é fundamental que sejam conhecidos todas as inter-relações, entradas e saídas dos processos em termos de materiais, fornecedores e clientes. Uma das ferramentas bastante utilizada mundialmente é o SIPOC, o qual identifica elementos relevantes de um projeto por meio de um diagrama que mapeia o processo desde os fornecedores até os clientes.

O SIPOC é um mapa de elevado grau do processo relacionado às dificuldades apresentadas em um ambiente corporativo, conectando o início do processo ao fornecedor e o final do processo ao cliente. Uma das vantagens desta ferramenta é permitir a visualização de todas as inter-relações dentro de um processo. Por se tratar de uma ferramenta de melhoria interna, deve-se atentar para que o mapa represente o processo de como ele é na realidade, não o mapa de como o processo deveria ser.

### 1.3.2 Banco de Ideias

O Banco de Ideias oferece um ambiente inovador de estímulo à produção e compartilhamento de ideias aos seus usuários. O Banco de ideias é uma solução que objetiva de forma dinâmica e estruturada a captura de iniciativas e ideias dos colaboradores de uma empresa, promovendo a colaboração em todo o âmbito organizacional.

Este sistema exigente e dinâmico é capaz de centralizar e gerenciar a produção

organizada de ideias capazes de qualificar e transformar a empresa e seus ambientes, ao mesmo tempo capazes de trazer incrementos em qualidade e rentabilidade para o negócio. Com esta solução, as organizações passam a oferecer um ambiente de estímulo à produção e compartilhamento de ideias aos seus colaboradores e de geração de soluções com retornos tangíveis e imediatos para os negócios.

O Banco de Ideias está dividido em três processos contínuos e simultâneos, que são:

- Cadastro constante de Ideias por parte da empresa;
- Consultas e prospecções de ideias por parte da empresa e de parceiros e fornecedores;
- Desafios e demandas por soluções pontuais e específicas, oriundas dos investidores associados da empresa Angels Club, de outras organizações, ou internas da própria Instituição.

### *1.3.3 Mapa de Processos*

O mapeamento e a modelagem de processos são condições básicas para uma gestão eficaz das organizações. As empresas, na sua essência, são representadas por um conjunto de processos e a performance de cada uma delas está muito ligada a como os seus processos são construídos e mantidos.

Dentro deste contexto, o mapeamento e a modelagem ganham papel de destaque, tornando-se imprescindíveis para as que as organizações busquem seus resultados de uma forma consistente e produtiva.

## **1.4 Ferramentas da Qualidade**

### *1.4.1 Diagrama de Pareto*

A Lei de Pareto (também conhecido como princípio 80-20), afirma que para muitos fenômenos, 80% das consequências advêm de 20% das causas. A lei foi sugerida por Joseph M. Juran, que deu o nome em honra ao economista italiano Vilfredo Pareto.

O Diagrama de Pareto é de grande utilidade na administração industrial, para análise de defeitos na manufatura de produtos que, habitualmente representam custos elevados e também um importante desgaste na imagem da qualidade dos produtos e da empresa que os produz.

A identificação/notificação dos problemas permitirá que nos debruçemos sobre a solução das questões que representam maior valor agregado, evitando a perda de tempo com pequenos problemas que, no final e ao cabo, têm pouco valor. A eliminação dos problemas nos permitirá obter significativos benefícios, tanto na redução de perdas com a conseqüente redução de custos, quanto possibilita a transferência da redução de custos, se for conveniente, para uma redução de preços de venda, aumentando a competitividade do produto.

### 1.4.2 PDCA

O Ciclo PDCA, também conhecido como Ciclo de Shewhart ou Ciclo de Deming, é uma ferramenta de gestão muito utilizada pelas empresas do mundo todo.

O Ciclo PDCA tem como estágio inicial o planejamento da ação, em seguida tudo o que foi planejado é executado, gerando, posteriormente, a necessidade de checagem constante destas ações implementadas. Com base nesta análise e comparação das ações com aquilo que foi planejado, o gestor começa então a implantar medidas para correção das falhas que surgiram no processo ou produto.

- P = Plan: Nesta etapa, o gestor deve estabelecer metas e/ou identificar os elementos causadores do problema que impede o alcance das metas esperadas. É preciso analisar os fatores que influenciam este problema, bem como identificar as suas possíveis causas. Ao final, o gestor precisa definir um plano de ação eficiente.
- D = Do: Aqui é preciso realizar todas as atividades que foram previstas e planejadas dentro do plano de ação.
- C = Check: Após planejar e por em prática, o gestor precisa monitorar e avaliar constantemente os resultados obtidos com a execução das atividades. Avaliar processos e resultados, confrontando-os com o planejado, com objetivos, especificações e estado desejado, consolidando as informações, eventualmente confeccionando relatórios específicos.
- A = Act: Nesta etapa é preciso tomar as providências estipuladas nas avaliações e relatórios sobre os processos. Se necessário, o gestor deve traçar novos planos de ação para melhoria da qualidade do procedimento, visando sempre à correção máxima de falhas e o aprimoramento dos processos da empresa.

É importante lembrar que como o Ciclo PDCA é verdadeiramente um ciclo, e por isso deve “girar” constantemente. Ele não tem um fim obrigatório definido. Com as ações corretivas ao final do primeiro ciclo é possível (e desejável) que seja criado um novo planejamento para a melhoria de determinado procedimento, iniciando assim todo o processo do Ciclo PDCA novamente. Este novo ciclo, a partir do anterior, é fundamental para o sucesso da utilização desta ferramenta.

### 1.4.3 Matriz Causa & Efeito

Alguns fatores são apresentados por sentar que concorrem para o efeito que será estudado. As causas ou fatores complexos podem ser decompostos em seus mínimos detalhes, sem com isso perder a visão de conjunto. Normalmente, os processos são analisados a partir de seis grandes grupos de fatores:

- Máquina = inclui todos os aspectos relativos às máquinas, equipamentos e instalações, que podem afetar o efeito do processo;
- Método = inclui todos os procedimentos, rotinas e técnicas utilizadas que podem interferir no processo e, conseqüentemente, no seu resultado;

- Material = inclui todos os aspectos relativos à materiais como insumos, matérias-primas, sobressalentes, peças, etc, que podem interferir no processo e, conseqüentemente, no seu resultado;
- Mão de obra = inclui todos os aspectos relativos ao pessoal que, no processo, podem influenciar o efeito desejado;
- Medida = inclui a adequação e confiança nas medidas que afetam o processo como aferição e calibração dos instrumentos de medição;
- Meio ambiente = inclui as condições ou aspectos ambientais que podem afetar o processo, além disso, sob um aspecto mais amplo, inclui a preservação do meio ambiente.

Em geral, as causas são levantadas em reuniões brainstorming. As causas mais prováveis podem estão ser discutidas e pesquisadas com maior profundidade.

Identificar todos os problemas existentes, para posterior análise e avaliação, estabelecendo as prioridades de acordo com o tamanho do estrago que cada um deles vêm causando à empresa.

À frente (na “cabeça do peixe”) do diagrama, coloca-se o efeito e nos elementos da espinha colocam-se as causas, de modo a facilitar a visualização de todas as causas do efeito e permitir um ataque preciso ao âmago da questão com ferramentas e mecanismos adequados para eliminar de vez os gargalos e suas fragilidades.

A última etapa consiste em analisar as inúmeras causas de cada efeito encontrado, agrupando-as por categorias, as comumente conhecidas “6M’s”.

Para implantação do Diagrama de Ishikawa, não há limites. As organizações preferem ir além dos padrões convencionais, podem identificar e demonstrar em diagramas específicos a origem de cada uma das causas do efeito, isto é, as causas das causas do efeito. A riqueza de detalhes poderá ser determinante para uma melhor qualidade dos resultados do projeto. Quanto mais informações sobre os problemas forem disponibilizadas, maiores serão as chances de livrar-se deles.

#### 1.4.4 Six Sigma

O sigma é uma letra do alfabeto grego que é utilizado na estatística para representar o desvio-padrão em uma determinada amostra, de maneira que possa quantificar a variabilidade ou a não homogeneidade de um processo. O Seis Sigma é um método que pode possibilitar para uma empresa um meio de aperfeiçoar o desempenho através de mapeamentos e monitoramentos das atividades rotineiras. Sendo assim, o processo diminui desperdícios e utilização de bens desnecessários, impedindo possíveis erros de qualidade no início do processo. O estudo tem, portanto, como finalidade, utilizar o Seis Sigma juntamente com outras ferramentas de qualidade e mapeamento de processos, abordar os resultados obtidos à empresa pesquisada.

O Six Sigma é adotado por várias empresas hoje, pois é uma metodologia que determina um objetivo para cada integrante dentro de uma empresa.

Apesar de cada um ter uma função diferente, existe algo em comum: o fornecimento para os clientes. Com base nisso, o Six Sigma tem o papel de desempenhar a perfeição, ou o mais próximo possível, do resultado final.

#### *1.4.4.1 Implementação do Six Sigma*

Dentro da metodologia Six Sigma, existem algumas etapas essenciais para que a implementação do processo alcance o sucesso. É um método que segue um caminho óbvio, que abrange um outro método conhecido como DMAIC.

Nesta primeira etapa, conhecida como DEFINE, são escolhidos os melhores esquemas que apresentam capacidade para o melhor desempenho, atendendo as necessidades dos clientes. Dentro desta fase deve ter treinamento e orientação para o grupo que dirigirá o projeto, pois é necessário ter claro entendimento do problema, saber identificar as entradas e saídas do processo, determinar objetivos, organizar subgrupos e planejar um cronograma para o projeto.

Dentro desta etapa deve-se perguntar qual será o problema abordado no projeto, qual a meta a ser atingida, quem são os clientes e qual será o impacto econômico deste projeto.

Na segunda etapa, MEASURE, algumas ferramentas da estatística devem ser usadas para identificar e quantificar as variabilidades do desempenho do processo.

É necessário mapear o processo, para que o mesmo seja documentado, determinar como foram feitas as coletas de dados e como esses dados foram coletados, conferir se o sistema utilizado para a medição foi adequado, ver a atual situação do processo, estabelecendo as características de qualidade e, por fim, ter os dados apresentados graficamente.

Na etapa ANALYSE, deve-se determinar as principais causas do problema.

Esta etapa tem como objetivo reduzir o foco do projeto e agregar todas as informações da atual situação da empresa.

Após esta análise, ideias são listadas para eliminar os problemas causados. Isto ocorre na etapa IMPROVE.

É nesta fase que soluções devem ser priorizadas para que ideias sejam geradas para a eliminação das principais causas do problema. Normalmente, planos de ação são executados com a finalidade da implementação da solução/melhoria.

Na etapa final, CONTROL, todos os novos processos implementados não são apenas acompanhados e monitorados, mas também deve-se verificar se a melhoria trouxe os efeitos esperados pelo processo.

## **1.5 Capacidade Produtiva**

### *1.5.1 Conceitos Gerais de Capacidade Produtiva*

O estudo de capacidade produtiva proporciona a busca para melhores práticas

nas organizações, buscando fatores importantes para o seu desenvolvimento. Esse estudo tem como principal abordagem o auto-conhecimento dos processos produtivos dentro das empresas envolvidas e possíveis definições de indicadores confiáveis, para controle dos índices produtivos.

As linhas de produção são devidamente mapeadas e calculadas de acordo com a capacidade produtiva oferecida de acordo com os parâmetros da empresa e dos recursos envolvidos nos processos, esse método de monitoramento auxilia a otimização do tempo.

### *1.5.2 Estudo de Tempos e Métodos*

Em qualquer atividade, produtividade e competitividade são alvos fundamentais para a sobrevivência de qualquer empresa. Porém, não se pode esquecer da qualidade, visto que a imperfeição implica diretamente em retrabalho, o que significa tempo perdido.

A divisão de operações excluiu movimentos frívolos e uniu movimentos úteis, economizando tempo e esforço do funcionário. A partir de então, o uso do cronômetro foi de suma importância para a execução das atividades. Por ter sido o primeiro a utilizar um cronômetro para estudar o trabalho, Taylor é chamado de “pai do estudo do tempo”.

É importante destacar que as informações verídicas de um processo pode modificar significativamente a forma de como podemos tratar a produtividade e qualidade dentro de um processo. Este estudo fornece alternativas para a obtenção dos dados reais, implicando diretamente na aquisição de dados confiáveis.

## **2 | ESTUDO DE CASO**

### **2.1 Conceitos Gerais**

O conceito geral deste trabalho envolve os principais problemas que Gerências de um ambiente corporativo vêm enfrentando ao longo da implantação de um Sistema ERP, conhecido como SAP, impactando a empresa financeiramente.

Este estudo busca o aperfeiçoamento do ambiente e transpor os processos mapeados para dentro do sistema, com o intuito de melhorar a qualidade dos serviços prestados, aumentando a produção e reduzindo o retrabalho.

Para isso, foi realizado um estudo inicial focado no desenvolvimento de planejamentos estratégicos e na gestão qualitativa dos processos, a fim de alinhá-los para atender os requisitos corporativos baseados na gestão do mercado empresarial.

Inicialmente, dentro de uma empresa do ramo de Navegação, foi feito uma análise para identificar os pontos críticos, ocasionado após a implantação do sistema SAP. Devido a falta de maturidade do sistema, notou-se a apresentação da não

adequação dos processos em relação ao sistema, gerando problemas recorrentes que impactavam na qualidade do funcionamento da produção, da manutenção e do controle dos processos.

O projeto teve duração de nove meses, aproximadamente, proporcionando o conhecimento dos ciclos dos setores Suprimentos, Fiscal, Financeiro e Contabilidade, mapeando os processos existentes dentro de cada módulo e verificando o elevado índice de perdas para eliminar ou diminuir problemas e galgar os objetivos traçados.

O objetivo específico é trabalhar os seguintes itens:

- Trabalhar de forma mais eficiente;
- Definir e trabalhar com os indicadores chave de cada processo existentes;
- Eliminar redundância;
- Centralizar os Processos, se fizer sentido e for mais barato pra companhia;
- Identificar quais são os processos mais caros em termos de custos de headcount;
- Analisar quais processos são mais arriscados e estão fora das práticas de mercado no âmbito de Finanças;

Os gestores do projeto visam definir estratégias de comunicação, gerenciar expectativas com os principais stakeholders, fornecer recursos e insumos para o projeto, facilidade na tomada de decisão em nível adequado aos temas críticos, identificar potenciais problemas e levantar alternativas de solução e assegurar que tenha elementos necessários para realizar um projeto bem sucedido.

## 2.2 Análises Efetuadas

### 2.2.1 Fase 1 - Levantamento “As Is” (como está)

A proposta para o Levantamento do “como está” na empresa estudada, envolve reuniões para mapeamento dos processos com os principais envolvidos, para que seja feito a definição do escopo e o desenho dos fluxos atuais.

A fase “As Is” iniciou-se com uma entrevista para elaboração do escopo dos processos, onde foi feito um levantamento com os responsáveis de cada uma das áreas, envolvidas no projeto, através de reuniões. Foram elaborados dois grandes escopos fundamentais para a composição do ciclo, devido a quantidade de ideias e sugestões agregadas. Os elementos que fariam parte do projeto, ficariam dentro de um quadro para melhor dimensionar o projeto, esse ambiente seriam as sugestões que envolvessem itens para melhorias contínuas que deveriam fazer parte do projeto, podendo envolver fatores limitantes ou barreiras. Os conteúdos que ficariam fora do escopo do projeto seriam elementos sem visão, fora do escopo.

### 2.2.2 Fase 2 – Diagnóstico e Análises

A fase intitulada como diagnóstico tem seus conceitos básicos voltados para uma análise mais qualitativa e quantitativa, em relação aos processos. O foco é entender qual a razão dos problemas ocasionados nesse período pós-implantação do Sistema SAP e o que tem ocorrido para promover impactos tão elevados financeiramente.

O estudo do que pode ter ocorrido ao longo do percurso é o principal fator a ser estudado e melhorado nessa etapa do Projeto, que tem como principal objetivo, alcançar o ponto ótimo de produtividade em um ambiente corporativo. Para isso, foram criadas algumas etapas dentro dessa fase envolvendo recursos primordiais para o seu pleno desenvolvimento, os colaboradores.

A metodologia abordada foi entrevistar o máximo possível de executores dos processos para entendimento das dificuldades do dia-a-dia e estimativa de distribuição das tarefas sob sua responsabilidade, analisando indicadores relativos aos processos críticos. Essas entrevistas foram realizadas dentro das localidades em que a empresa tem seus negócios, envolvendo sempre os setores financeiros das regiões, com as equipe que fazem parte do quadro dos departamentos de Suprimentos, Fiscal, Financeiro e Contabilidade, a nível Brasil.

### 2.2.3 Fase 3 – “Should Be” (como deve ser)

Essa é uma fase que engloba todas as fases anteriores do projeto. Com o conceito de modificar processos, culturas e metodologias empresariais, a fase do “Should Be” veio com força total para que haja a implementação de todos os processos previamente estudados, diagnosticados e analisados. Com todos os pontos abordados, essa é uma das principais etapas, onde o foco é colocar tudo o que foi estudado em ação.

Um componente fundamental, que auxiliou a agregar valor nessa etapa do projeto, foi o Benchmarking. Essa é uma ferramenta fundamental e primordial para finalizar perguntas (que são questionadas a toda hora), do tipo: “Como o cenário deve ser?”, “Quais mudanças precisamos fazer?”, “O que precisamos fazer”, entre outras. De acordo com todo o estudo realizado, as respostas podem ser os resultados obtidos, porém existe a necessidade de agrupar as informações desenvolvidas dentro Empresa e leva-las ao Mercado de Trabalho.

## 2.3 Conclusões e Sugestões

Passado a fase de Diagnóstico, algumas sugestões e conclusões foram feitas. Visando atender às necessidades de curto, médio e longo prazo, foram feitos planos de ação específicos para cada departamento, como visto no quadro a seguir:

Em curto prazo, os planos de ação são os mesmos para todos os departamentos, pois envolvem os mesmos fatores: Treinamento para todo o pessoal, divulgação de Processos e Procedimentos e Indicadores de desempenho. Já a médio e longo prazo,

muda de acordo com a necessidade do departamento.

Com a implementação dessas ações em médio prazo, podemos ver oportunidades de ganhos, evitando o desperdício. Para o Fiscal, com a centralização do CAP, reduz a Estrutura em R\$ 400 mil/ano e reduz as multas e juros em R\$ 900 mil/ano. Para o Financeiro, com a centralização do CAR, reduz a Estrutura em R\$ 250 mil/ano. Para Suprimentos, com a redução da Central de Cadastro, reduz a Estrutura em R\$ 170 mil/ano. O total já mensurado, contando todos os departamentos, é de R\$ 1,72 mm/ano.

Ao longo do projeto diversas ações foram sendo analisadas e discutidas para viabilizar principalmente as ações de Quick Wins. Dessas 107 ações, 13% já foram concluídas. O restante está em curso.

## REFERÊNCIAS

Martins, Petrônio G. e Laugeni, Fernando Piero - **Administração da Produção**, 2º Edição- ED.Saraiva, 2005

Slack, Nigel, Chambers Stuart e Johnston, Robert - **Administração da Produção**, 3ª Edição- São Paulo: Atlas, 2009

Gaither, Norman e Frazier, Greg - **Administração da Produção e Operações**, 8ª Edição- ED.Cengage Learning, 2002

Chamon, Edna Maria Querido de Oliveira - **Livro Gestão Integrada de organizações**, Ed. Brasport, 2008

Eckes, George - **A Revolucao Seis Sigma**- 10ª Edição, Ed. Campus, 2001

Pande, Peter S. / Neuman, Robert P. / Cavanagh, Roland R. - **Estratégia Seis Sigma**, Ed. Qualitymark, 2002

Periard, Gustavo – **O ciclo PDCA e a Melhoria Contínua**, TESE, 2011

Cantidio, Sandro – **Processo de Solução de Problemas com o uso do PDCA**, TESE, 2009

Werkema, Cristina - **Criando a Cultura Seis Sigma**, Ed. Qualitymark, 2002

Rontodaro, R. G. Seis Sigma – **Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. São Paulo, Atlas, 1998.

<http://www.inatel.br/empreendedorismo/banco-de-ideias/index.php/sobre-banco-ideias>

[http://www.unicop.com.br/unicop/pt/index.php?GTR\\_VARS\\_acesso=modulos/news\\_com\\_categoria/detTexto.php&GTR\\_VARS\\_codtexto=1432&](http://www.unicop.com.br/unicop/pt/index.php?GTR_VARS_acesso=modulos/news_com_categoria/detTexto.php&GTR_VARS_codtexto=1432&)

<http://www.devmedia.com.br/analise-de-pareto-para-identificacao-de-problemas/27815>

[http://www.unifae.br/publicacoes/pdf/revista\\_da\\_fae/rev\\_fae\\_v8\\_n1/rev\\_fae\\_v8\\_n1\\_07.pdf](http://www.unifae.br/publicacoes/pdf/revista_da_fae/rev_fae_v8_n1/rev_fae_v8_n1_07.pdf)

## AVANÇOS DA MANUTENÇÃO EM UMA OFICINA MECÂNICA DE UMA CONSTRUTORA

**Izac de Sousa Vieira**

Faculdade Integral Diferencial – Facid Wyden  
Teresina-PI

**José Weliton Nogueira Júnior**

Faculdade Integral Diferencial – Facid Wyden  
Teresina-PI

**Yuri José Luz Moura**

Faculdade Integral Diferencial – Facid Wyden  
Teresina-PI

**RESUMO:** Este trabalho apresenta um relato de experiência vivenciado pelo autor, o qual retrata a importância do uso da manutenção preditiva mecânica em uma oficina mecânica de uma construtora. Para tal, o trabalho constituiu-se de levantamento bibliográfico, pesquisa, observação, análise e interpretação dos dados coletados que evidenciaram fatores positivos obtidos após a implementação de forma mais eficiente da técnica de manutenção preditiva – a Inspeção Visual. Assim, permitiram-nos observar que a aplicação de umas das técnicas da manutenção preditiva de maneira eficiente colaborou com um aumento da flexibilidade, confiabilidade operacional e redução dos custos de manutenção, fatores que são prioridades competitivas para uma empresa que busca a excelência.

**PALAVRAS-CHAVES:** Manutenção Preventiva,

Inspeção Visual, Técnicas Preditivas, Confiabilidade.

**ABSTRACT:** This work presents an experience report by the author, which portrays the importance of the use of mechanical predictive maintenance in a mechanical workshop of a construction company. For this, the work consisted of a bibliographical survey, research, observation, analysis and interpretation of the collected data that evidenced positive factors obtained after the implementation of a more efficient form of the predictive maintenance technique - the Visual Inspection. Thus, they allowed us to observe that the application of one of the techniques of predictive maintenance efficiently collaborated with an increase in flexibility, operational reliability and reduction of maintenance costs, factors that are competitive priorities for a company that seeks excellence.

**KEYWORDS:** Preventive Maintenance, Visual Inspection, Predictive Techniques, Reliability.

### 1 | INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento constante das inovações tecnológicas, investir em novos processos que buscam a confiabilidade da manutenção e do desempenho dos equipamentos trouxe preocupação para os

engenheiros projetistas, fazendo com que as empresas invistam em ferramentas e estratégias que permitam desenvolver produtos que operem de maneira segura e confiável, minimizando-se os riscos de falhas ao longo de sua vida útil (Silva, 2004).

Sabe-se que na década de trinta, os equipamentos eram simples, poucos mecanizados, robustos e não se tinha preocupação com produtividade, pois a produção era para consumo próprio. Entretanto, com a chegada da segunda guerra mundial a demanda por novos produtos e equipamentos mecanizados que produzissem em larga escala tornou-se prioridade. Viu-se então, a necessidade de evidenciar uma maior disponibilidade e busca por maior produtividade, uma vez que a indústria agora, dependia do bom funcionamento das máquinas. Desde então o processo de manutenção passou a sofrer várias mudanças, pois as manutenções não eram sistematizadas e consistiam basicamente em serviços de limpeza, lubrificação e aplicações corretivas após a quebra do equipamento (Karddec, Nascif, 2009).

Anos mais tarde, mais precisamente em meados da década de 70, o advento da revolução industrial, trouxeram consigo um novo conceito de manutenção e uma nova forma de prevenir quebras inesperadas. Ou seja, já não bastava apenas limpar e lubrificar, as máquinas agora tinham sistemas automatizados, a mecânica agora tinha um gerenciamento eletrônico e as peças cada vez mais delicadas, sensíveis, e segundo Singh (2014), a manutenção passa a ser baseada em estratégias como Manutenção Produtiva Total (TPM ou Total Productive Maintenance).

O controle e o planejamento tornaram-se, atualmente, um dos pilares mais relevantes da manutenção moderna quanto a sua aplicabilidade no âmbito industrial (NETO, 2017). Pois as técnicas de prevenção segundo Xenos (2014), nos permite interligar a engenharia de manutenção ao desenvolvimento do produto o que nos permite reduzir as contínuas intervenções durante a operação dos equipamentos.

Deixando de apenas corretiva, a demais técnicas de prevenção de manutenção como a Manutenção Preventiva e a Preditiva passaram a ser vistas e segundo Abreu, Bandeira e Gianelli (2010) nos dias de hoje é notório o aumento do interesse de empresas e profissionais ligados à manutenção pela utilização de técnicas capazes de prever falhas, tais como termografia, análise de vibração, ultrassom, e principalmente a inspeção visual que, dentre outras estratégias de manutenção, visam reduzir os tempos de intervenção nos equipamentos, visto que muitos componentes apresentam falhas aleatórias, e conseqüentemente, os tempos improdutivos dos mesmos.

Portanto, determinar antecipadamente a necessidade de serviços de manutenção em componentes específicos de uma máquina ou equipamento tem se tornado um fator importante para empresas que buscam se diferenciar no mercado que cada dia se mostra mais competitivo (Fernandes, 2010).

Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo relatar através da técnica de manutenção preditiva – Inspeção Visual, o avanço que a manutenção mecânica tem sofrido ao longo dos anos e sua aplicabilidade em uma oficina mecânica de uma construtora, sendo possível detectar falhas e quebras inesperadas nos equipamentos

de construção. Desta forma, pode-se aplicar os conceitos de prevenção de manutenção, fornecendo-se informações preciosas aos fabricantes para que sejam desenvolvidos produtos mais confiáveis e com maior vida útil.

## 2 | METODOLOGIA

Este trabalho consistiu em um relato de experiência que descreve aspectos vivenciados pelo autor, na posição de mecânico e inspetor de máquinas pesadas em uma construtora na cidade de Teresina-PI. Trata-se de uma análise qualitativa, que abordou a problemática desenhada a partir de métodos descritivos e observacionais. A análise que resultou na produção deste relato aconteceu entre 26 de janeiro de 2016 a 28 de fevereiro de 2018. Utilizou-se da técnica de observação estruturada - pesquisador participante, nas atividades gerenciais. Não foram utilizados dados pessoais da empresa; apenas aqueles de interesse relevantes ao estudo.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo o procedimento de recebimento de equipamentos desenvolvido pela equipe de manutenção Fig. (1), quando o equipamento chega à construtora, faz-se a análise do relatório, o qual vem anexado à pasta do mesmo, a fim de coletar dados e informações relevantes sobre a real situação ou estado do equipamento. Após a avaliação dos relatórios, faz-se a inspeção visual em torno do equipamento verificando toda a estrutura e os seus respectivos componentes.

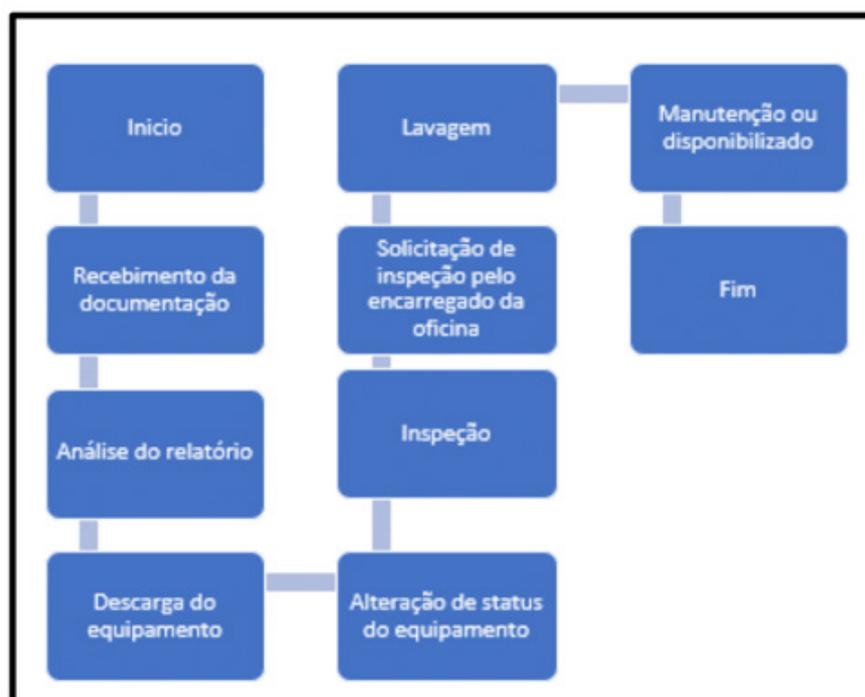


Figura 1. Procedimento de Recebimento de Equipamentos

Segundo Filho (2013), a inspeção visual é umas das prerrogativas da manutenção preditiva, que ao longo dos anos vem se consolidando e sendo implantada como item fundamental na manutenção por proporcionar parâmetros sobre as condições ou desempenho do equipamento e predizer o tempo de vida útil dos componentes das máquinas, se o mesmo está operacional e atende as exigências da obra.

Portanto, este processo de inspeção visual também é feito após o equipamento sair da oficina e quando alguma obra solicita conforme a Fig. (2).

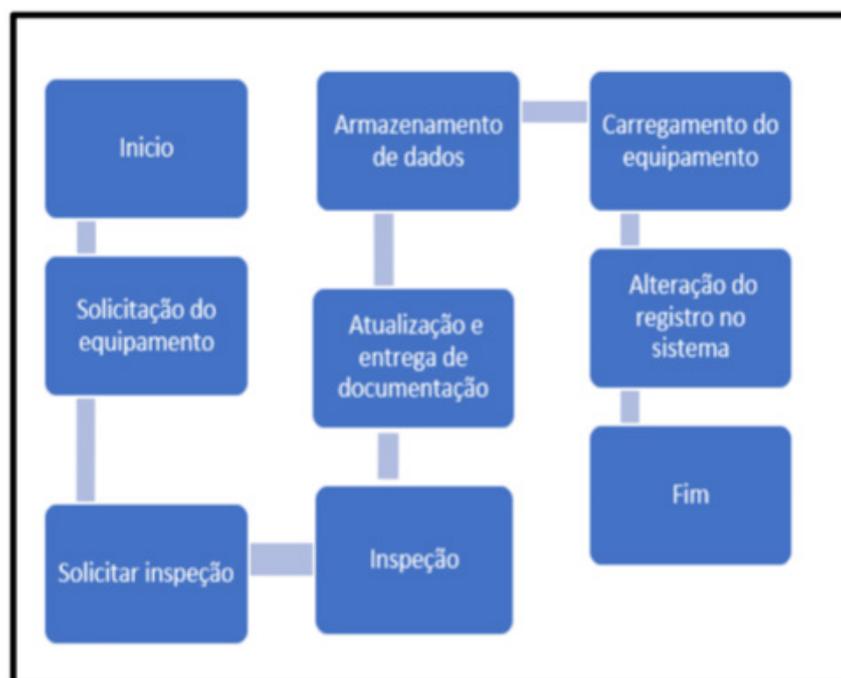


Figura 2. Procedimento de Liberação de Equipamentos

Observou-se que após a realização das inspeções, 75,6% das quebras de eixos, parafusos, vazamentos de óleos, ruídos, folgas de eixos e rolamentos, troca de óleo e filtros e problemas inesperados têm sido gerenciado e mitigados.

As inspeções tornaram-se ação fundamental para o controle de quebras dos equipamentos, visto que em outros momentos não se tinha tal atividade aplicada de forma eficiente nos planos de manutenção.

#### 4 | CONCLUSÃO

Este estudo teve o interesse de mostrar o papel fundamental que a manutenção tem sobre os equipamentos, principalmente quando se utiliza as técnicas de manutenção como chave fundamental de prevenção de falhas, uma vez que a manutenção preditiva tem como objetivo principal identificar e consequentemente correlacionada a preventiva e corretiva, planejar, controlar, e monitorar as atividades realizadas pelo equipamento através de dados já estabelecidos pelo fabricante ou engenharia de manutenção, visando reduzir as falhas aleatórias, e consequentemente, os tempos improdutos

dos mesmos, permitindo o controle e gerenciamento da vida útil de componente e da máquina de forma mais eficiente.

## REFERÊNCIAS

ABREU, G.; BANDEIRA, G.; GIANELLI, R. **Vibração e ruído em manutenção preditiva**. (Trabalho universitário) Bauru: 2010.

Fernandes, Clóvis G., “**Metodologia para melhorar a confiabilidade de subsistemas através de análise de falhas e testes acelerados**”, dissertação Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

FILHO, O. R. **Aplicações termográficas na manutenção**. Disponível em: <<http://www.scribd.com.br>>. Acesso em: 09 mai. 2013.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. 2ª Edição, Rio de Janeiro, Editora Qualitymark Ltda, 2009.

NETO, Teófilo C. M. 2017. **A história da evolução do sistema de gestão de manutenção**. Disponível em: <<https://www.webartigos.com/artigos/a-historia-da-evolucao-do-sistema-de-gestao-de-manutencao/75650/>>

SINGH, M.; SACHDEVA, A.; BHARDWAJ, A. **An interpretive structural modelling approach for analysing barriers in total productive maintenance implementation**. International Journal of Industrial and Systems Engineering, v.16, n.4, p. 433-450, 2014.

SILVA, Romeu Paulo da. **Gerenciamento do Setor de Manutenção**. 2004. 92 f. TCC (Graduação) - Curso de Gestão Industrial, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004.

Xenos, Harilaus G., “**Gerenciando a Manutenção Produtiva. O caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**”, Nova Lima, Falconi Editora, 2014.

## DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO MARCADOR PARA PLANTIO DE FUMO

### **Marlon Vinícius Medeiros**

Sociedade Educacional Três de Maio – SETREM  
Três de Maio - RS

### **João Pedro Brentano Uhry**

Sociedade Educacional Três de Maio – SETREM  
Três de Maio – RS

### **Anderson Creasso**

Sociedade Educacional Três de Maio – SETREM  
Três de Maio – RS

### **Alexandre Chapoval Neto**

Sociedade Educacional Três de Maio – SETREM  
Três de Maio - RS

**RESUMO:** O presente estudo aborda o desenvolvimento de um equipamento de marcação de solo utilizado na plantação de mudas de fumo, a fim de auxiliar pequenos produtores na execução desta atividade. O equipamento é de grande importância por aumentar a precisão de marcação, definindo os locais exatos onde serão feitos os sulcos para o transplante das mudas de maneira rápida e respeitando uma distância padrão, resultando em um melhor aproveitamento da área e uma maior produtividade. Diante disso o trabalho em questão tem como objetivo desenvolver um equipamento manual de marcação de fumo. Quanto à metodologia utilizaram-se abordagens dedutivas, qualitativas e quantitativas. Para

a realização dos métodos de procedimentos utilizou-se de pesquisas descritiva, pesquisa exploratória e estudo de campo. Para coleta dos dados empregou-se mensurações de medidas para determinar a distância entre as mudas no momento do plantio, entrevista com o proprietário para apurar dados necessários na elaboração do equipamento, pesquisa mercadológica como forma de buscar a viabilidade na construção do marcador e levantamento fotográfico. A análise dos dados se deu por meio de planilha eletrônica Excel para o cálculo e posterior análise de amostras coletadas na pesquisa mercadológica. Na apresentação dos resultados o protótipo apresentou boa eficiência no aproveitamento da área cultivada, também resultou boa aceitação por parte dos entrevistados, identificando-se como sugestão de melhoria a diminuição do peso do produto, conseqüentemente diminuindo seu custo de produção e conseqüentemente o custo por unidade vendida.

**PALAVRAS CHAVES:** Plantio de fumo. Marcador de fumo. Eficiência

**ABSTRACT:** The present study deals with the development of soil marking equipment used in the planting of tobacco seedlings, in order to assist small producers in the execution of this activity. The equipment is of great importance by increasing the marking accuracy, defining the

exact places where the grooves will be made for the transplant of the seedlings quickly and respecting a standard distance, resulting in a better utilization of the area and a higher productivity. Therefore the work in question aims to develop a manual smoke marking equipment. Regarding the methodology, deductive, qualitative and quantitative approaches were used. For the accomplishment of the methods of procedures was used descriptive research, exploratory research and field study. To collect the data, measurements were taken to determine the distance between the seedlings at the time of planting, interview with the owner to determine the necessary data in the preparation of the equipment, market research as a way to seek viability in the construction of the marker and photographic survey. The analysis of the data was done through Excel spreadsheet for the calculation and later analysis of samples collected in the market research. In the presentation of the results, the prototype showed good efficiency in the utilization of the cultivated area, it also resulted in good acceptance by the interviewees, identifying as a suggestion of improvement the decrease of the weight of the product, consequently reducing its cost of production and consequently the cost per unit sold.

**KEYWORDS:** Smoke planting. Smoke marker. Efficiency

## 1 | INTRODUÇÃO

Considerando o fato de o Brasil ser um grande produtor de fumo e conforme Heeman (2009) afirma, o Brasil é o maior exportador mundial de fumo, o que pode ser explicado por se tratar de uma cultura que tem muito apoio de empresas, como por exemplo a Souza Cruz, que é a maior produtora de tabaco do Brasil.

Mesmo com toda essa importância grande parte dos produtores executam trabalho manual na cultura do fumo. Grandes produtores que são minoria, possuem maquinário de plantio, que perfura a terra e planta ao mesmo tempo, porém do outro lado se encontra o pequeno produtor, que executa todo o trabalho manualmente.

Desta forma o objetivo do presente trabalho é desenvolver um equipamento de marcação de plantio de fumo, que padronize as distâncias entre mudas, evitando perdas de rendimento da planta ou o mau aproveitamento da área destinada ao plantio, assim auxiliando ao pequeno produtor ao facilitar a marcação, normalmente feita com enxadinha ou marcador.

Segundo Hemmann (2009) *apud* Oliveira e Costa (2012) a marcação nas fileiras é feita através de um instrumento de madeira, ou enxadinha conforme foi afirmado em conversa com produtores, que demarca o local do transplante da muda de fumo.

## 2 | EMBASAMENTO TEÓRICO

### 2.1 Cultivo de fumo

O cultivo de fumo existia antes dos primeiros portugueses chegarem ao Brasil, pelo qual, eram cultivados pelos índios que habitavam as regiões, que utilizavam

dessa planta para ritos religiosos e como planta medicinal. Os brancos começaram a conhecer melhor o fumo através do escambo que era fornecido pelos índios, após alguns problemas de relação com os nativos os portugueses começaram a cultivar a planta (Vogt, 1997).

Segundo Brasil (2007) *apud* Heemann (2009) a produção de fumo no Brasil foi estimulada por ser uma cultura rendável em relação às demais culturas tradicionais e pelos benefícios que se tem indiretamente como: apoio do Governo, incentivo das indústrias, insumos, apoio técnico e garantia de venda através de contratos firmados, tornando a cultura de fumo uma ótima opção para os pequenos agricultores cultivarem.

De acordo com Afubra (2008) *apud* Heemann (2009) atualmente, a região Sul do País é onde se encontra a maior parte dos agricultores que cultivam o fumo, esses produtores na sua maioria vivem em pequenas propriedades com áreas em média de 16 hectares que optam pela cultura pelo alto rendimento que ela tem por área.

## 2.2 Agricultura familiar

Para Sidersky (1990) *apud* Schmitz (2010) existem três características que definem agricultura familiar: ter acesso a meios de produção, entre eles se encontra a terra; a mão de obra familiar na produção; a relação da propriedade com o mercado, seguindo modelo capitalista.

Na percepção de Meliczek (2003) *apud* Stoffel (2006) a FAO (*Food and Agriculture Organization*) considera agricultura familiar o empreendimento que é administrado pela família, e os participantes desse empreendimento despendem todo seu tempo nesse trabalho que é sua propriedade e o rendimento proveniente da produção agrícola.

A agricultura familiar tem feito parte da economia do país desde o princípio do processo da ocupação do território brasileiro. Vale ressaltar que esta modalidade de agricultura, na época do império e nos períodos que o sucederão, recebeu muito pouco apoio do governo para se desenvolver de forma adequada (MATTEI, 2014).

Para Lima *et al* (2005) a agricultura familiar para se tornar viável tiveram que modificar suas resoluções, seus métodos de funcionamento, cada vez mais se associando a rede financeira e industrial. Esse novo contexto algumas unidades familiares foram transformadas em empresas capitalistas. O modo de produção de agricultura familiar pode ser dividida entre os produtores: familiares ricos (capitalizados), médios (semicapitalizados) e os produtores pobres.

## 2.3 Ergonomia na plantação de fumo

A ergonomia está presente em todas as atividades desempenhadas em nosso cotidiano, sejam elas realizadas nos locais de trabalho ou atividades envolvendo a nossa vida pessoal, com o objetivo de proporcionar segurança contra todos os riscos envolvidos no processo, nos quais podem ser fisiológicos ou psicológicos que são inerentes a execução das atividades (HEEMANN, 2009).

O trabalho agrícola é considerado árduo e com precárias condições ferramentais no qual a ergonomia não é atendida, além disso, os agricultores sofrem com o uso de agrotóxicos, trabalhos em locais inadequados e ainda muitas vezes em temperaturas elevadas onde ficam expostos aos raios solares, com isso o estudo e aplicação ergonômica em ferramentas de trabalho para agricultores devem ser consideradas no momento de seu desenvolvimento (HEEMANN, 2009).

Segundo Heemann (O Cultivo do Fumo e Condições de Saúde e Segurança dos trabalhadores Rurais, 2009) “a natureza multidisciplinar da Ergonomia pode promover um papel único na proteção da saúde destes trabalhadores e na prevenção de riscos relacionados ao trabalho”.

Para a análise das condições ergonômicas são considerados três aspectos que podem prejudicar a saúde do trabalhador no exercício de suas atividades. Os domínios de especialização da ergonomia são:

- Ergonomia Física: Relacionada principalmente aos aspectos musculares, envolvendo posturas no trabalho, manejo adequado de materiais, movimentos repetitivos, disfunções musculares relacionadas ao trabalho e saúde e segurança no desempenhar as atividades.
- Ergonomia Cognitiva: Referente aos processos mentais como de memória, percepção e raciocínio que as atividades podem vir a desencadear. São considerados fatores como carga mental de trabalho, tomadas de decisões, estresse, interação entre ser humano e computador e desempenhos especializados.
- Ergonomia Organizacional: Remetem a otimização dos sistemas sócios técnicos, considerando estruturas organizacionais, políticas e processos internos, trabalho em grupo, cultura organizacional, entre outros (ABERGO, 2013 *apud* FRANCESCHI, 2013).

A plantação de fumo é um dos ramos da produção agrícola no qual necessita de atenção em relação à ergonomia de seus produtores. Para a avaliação e análise ergonômica da prática das atividades no plantio de fumo devem-se considerar algumas etapas, as quais devem ser descritas e analisadas para a partir delas propor melhores formas ergonômicas ao trabalho. A AET (Análise Ergonômica do Trabalho) é um método que permite desenvolver estas análises, diagnosticando problemas e propondo melhorias para o trabalho real adequado. Este método compõe cinco etapas de análise: análise da demanda, análise da tarefa, análise da atividade, diagnóstico e recomendações (HEEMANN, 2009).

## 2.4 Pesquisa mercadológica

A pesquisa de mercado ou mercadológica de acordo com o Sebrae (2016) é uma ferramenta de orientação para poder se tomar determinadas decisões, diminuindo desta forma as incertezas, sendo esta um recurso vital para que o empreendedor consiga identificar alguns conceitos como: Conhecer o perfil do cliente através da caracterização dos clientes nos aspectos quantitativos potencial do mercado,

participação da empresa no mercado etc.) e qualitativos (estilo de vida, características comportamentais, hábitos de consumo, escolaridade, renda etc.).

Além disso, serve para dimensionar o mercado, identificar segmento, detectar tendências, avaliar produtos ou serviços, identificar demanda e o preço em que os produtos poderão ser vendidos (SEBRAE, 2016).

Pesquisa mercadológica poderá informar como o produto será recebido assim como a reação do público para o produto em relação as características e funcionalidades, para formular uma boa pesquisa junto aos consumidores são dados alguns passos (SEBRAE, 2016).

1º passo - Estabelecer claramente qual o produto que se pretende lançar, definindo as características básicas, como tamanho, qualidade, forma etc.;

2º passo - Buscar desenvolver um protótipo do produto

3º passo - Classificar os possíveis futuros consumidores e suas possíveis características, tais como idade, sexo e poder aquisitivo, entre outras;

4º passo - Desenvolver um roteiro básico de perguntas a serem levantadas junto aos entrevistados (de forma que sejam simples, diretas e imparciais); Devem conter todos os aspectos que se deseja detectar (como aceitação do produto, se a necessidade do consumidor será atendida, o quanto imaginam que vão consumir e opiniões gerais sobre o produto).

5º passo - Após a aplicação do questionário a um número representativo de clientes, deverão ser feitas as tabulações. Por meio delas, se estabelecerá a tendência de aceitação do novo produto (SEBRAE, 2016).

Durante a análise de lançamento de novos produtos, devem ser tomados alguns cuidados, como: não buscar opiniões de pessoas envolvidas no projeto, evitar fazer análise com parcialidade dos dados levantados na pesquisa, buscando sempre um resultado mais verdadeiro e imparcial (SEBRAE, 2016).

Alguns critérios são utilizados para formação dos questionários para identificar as características dos clientes, descrever seu padrão e determinar seu perfil, como dados demográficos: faixa de idade, sexo, renda, ocupação; Dados psicográficos: independente ou dependente, conservador, liberal, tradicional ou progressista, socialmente consciente ou egocêntrico, comportamental; e analisar os consumidores com os seguintes fatores: taxa de uso do produto, benefícios procurados, método de uso, frequência de uso, frequência de compra, entre outros. (SEBRAE, 2016).

### **3 | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

#### **3.1 Ideia**

A iniciativa de desenvolver um produto para resolver uma dificuldade sempre se origina de uma identificação de um problema, para depois se tornar uma ideia e posteriormente gerar um conceito definido, bem como os procedimentos de montagem e sua forma final.

O surgimento da ideia do marcador de fumo surgiu com a necessidade que se viu nos agricultores de pequeno porte que cultivam da cultura de fumo utilizar como meio para definir a distância do plantio entre as mudas o método a olho, o que pode resultar em perdas de produtividade e qualidade devido a baixa precisão.

Através desses problemas o grupo busca criar um equipamento chamado de marcador de fumo que padronize e facilite o plantio evitando perdas e desperdícios causados pelo excesso de mudas plantadas que prejudica a qualidade ou por poucas mudas plantadas que causa desperdício da área e conseqüentemente afeta a produtividade.

### 3.2 Pesquisa mercadológica

Foi realizada a pesquisa mercadológica com dez agricultores localizados na cidade de Crissiumal-RS, que cultivam da cultura de fumo para seu sustento.

Através dessas perguntas foi possível identificar muitas informações importantes do público alvo em que direciona o produto produzido, e para o prosseguimento e realização do trabalho.

Através da Figura 1 demonstra-se a relação de idade dos produtores com o tempo em que cultivam a cultura.

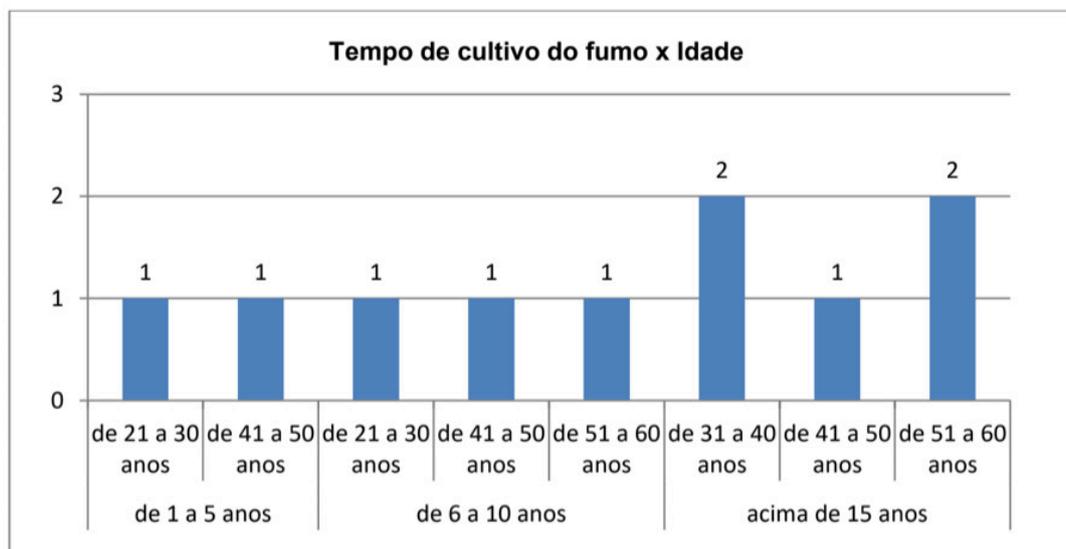


Figura 1 – Tempo de cultivo do fumo x Idade

Fonte: Dados da Pesquisa (2016).

Os dados representados na Figura 1 nota-se que a maioria dos produtores de fumo são pessoas de 31 a 60 anos o que indica que a cultura é praticada mais por pessoas com mais tempo de experiência ligada a atividade rural e que as pessoas novas não estão optando pelo cultivo dessa cultura e que a maioria dos entrevistados cultiva da cultura a mais de 15 anos.

A Figura 2 mostra a relação que se tem entre a área plantada e o tempo que os

produtores cultivam a cultura de fumo.

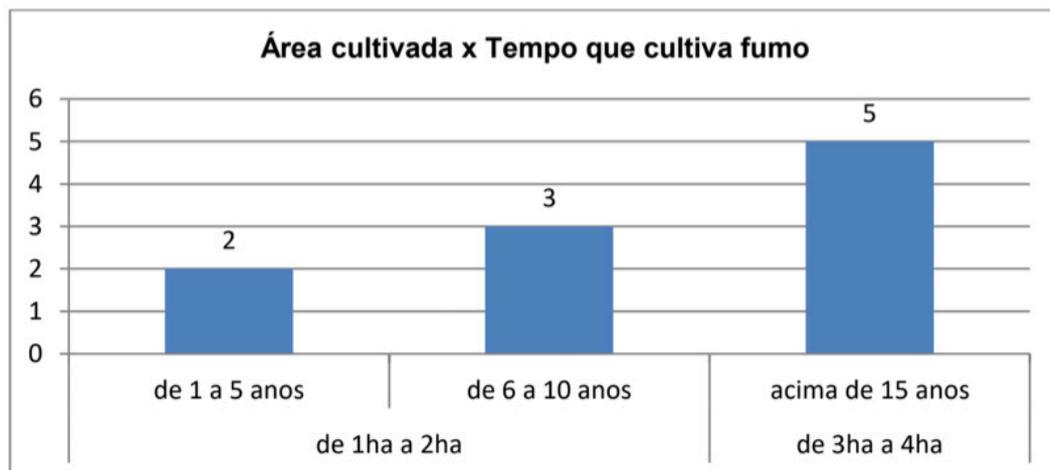


Figura 2 – Área cultivada x Tempo de cultivo

Fonte: Dados da Pesquisa (2016).

Através da Figura 2 percebe-se que a maioria dos agricultores entrevistados cultiva a cultura a mais de 15 anos e utiliza de 3ha a 4ha de área para realização da safra.

Outro ponto importante no trabalho que será demonstrado na Figura 3 é a relação dos meios utilizados para definir a distância do plantio e a área que foi cultivada.



Figura 3 – Meio utilizado para definir a distância do plantio x Área cultivada

Fonte: Dados da Pesquisa (2016).

Analisando a Figura 3 verificou-se que a maioria dos produtores de fumo entrevistados utilizam para definir a distância de plantio de fumo o olho, o que pode ocorrer muita variação de distância de uma muda para a outra.

Outra questão importante no desenvolvimento do trabalho é o peso do produto em pesquisa e sua relação com a idade dos agricultores entrevistados, como mostra a Figura 4.

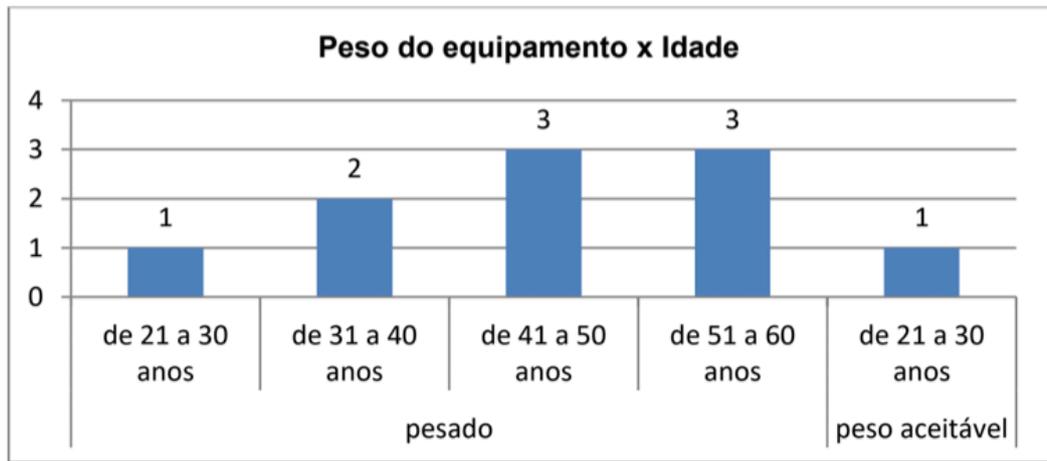


Figura 4 – Peso do equipamento x Idade

Fonte: Dados da Pesquisa (2016).

Conforme a Figura 4 é possível perceber que a maioria dos entrevistados considerou o produto pesado sendo um problema que deverá ser realizada alguma melhoria, pois a maioria dos agricultores tem idade entre 41 a 60 anos o que deve se ter alguns cuidados em relação a essa questão de peso.

Para verificar o que o publico alvo pensa a respeito do produto desenvolvido foi extraído dados informando até que valor os produtores de fumo estão dispostos a pagar pelo produto e relacionado com a quantidade plantada demonstrado na Figura 5.

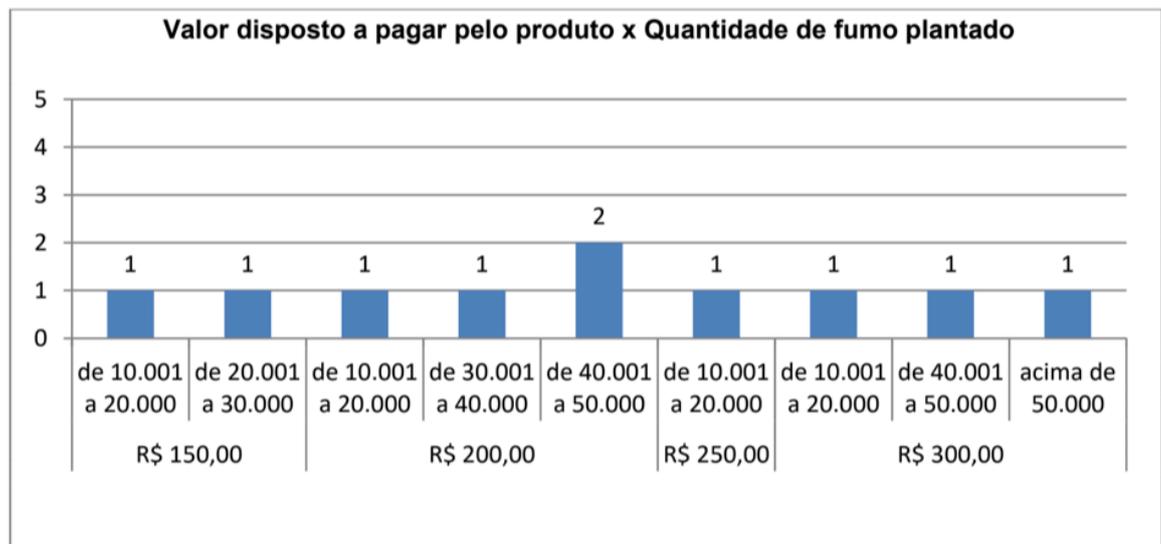


Figura 5 – Valor disposto a pagar pelo produto x Quantidade de fumo plantado

Fonte: Dados da Pesquisa (2016).

Nota-se que na Figura 5 a maioria dos produtores de fumo estaria disposto a pagar entre R\$ 200,00 e R\$ 300,00 o que demonstra que o público alvo necessita do produto e reconhece a qualidade do mesmo.

### 3.3 Benefícios do produto

Juntamente com a pesquisa mercadológica foi realizado coleta de dados nas propriedades visitadas visando verificar a necessidade de obter um marcador de distância de fumo. A pesquisa foi realizada em dez propriedades todas localizadas na cidade de Crissiumal-RS, onde em sete dos locais visitados foi realizado comparação de plantio entre o marcador de fumo e o método a olho que os produtores realizaram seu plantio. Nas demais residências não ocorreram à comparação pelo motivo de os locais onde foi plantado o fumo ser difícil acesso e longe da propriedade.

Na pesquisa foi contado algumas carreiras onde continha plantado mudas de fumo cerca de 100 plantas e após foi utilizado o marcador e feito uma média comparando quantos pés de fumo se tinha plantado com o marcador e quanto sem o marcador. Conforme Tabela 1 mostra a relação das propriedades entrevistadas e os dados coletados.

Propriedades	sem marcador	com marcador	Diferença
1	10.000	10.000	0
2	20.000	18.182	1.818
3	16.000	14.953	1.047
4	45.000	52.941	-7.941
5	40.000	40.400	-400
6	40.000	37.647	2.353
7	50.000	52.632	-2.632

Tabela 1 – Dados coletados nas propriedades

Fonte: Dados da Pesquisa (2016).

Através da Tabela 1 percebe-se que o marcador em algumas propriedades seria de bom uso, evitando desperdícios de áreas em alguns casos e em outros traria mais qualidade para as plantas plantadas na distância correta.

Supostamente analisando a Safra 2015/2016 onde em média os produtores de fumo obteriam 10 arrobas de fumo por mil pés plantados ao um preço de R\$ 150,00 por arroba, ou seja, em média as propriedades onde foi plantado mais do que com o marcador de fumo perderam qualidade e em média cerca de R\$ 2.550,00.

Já para os proprietários que plantaram mais longe do que com o uso do marcador de fumo, perderam produtividade, não utilizando bem a área, deixando de ganhar em média R\$ 5.400,00.

Observando esses dados se percebe a eficácia que pode ter o uso de um marcador de fumo e a lucratividade, tornando um plantio com mais qualidade e produtividade.

### 3.4 Sugestões de melhoria

Após construção do produto, foi realizado testes verificando a eficácia do

marcador de fumo, também foi aplicada uma pergunta na pesquisa mercadológica pedindo aos entrevistados o que poderia ser melhorado no produto procurando saber a opinião do público alvo, assim como, buscar criar algo que satisfaça e seja de grande utilidade aos consumidores.

Através dos testes e entrevistas realizadas nas propriedades dos produtores de fumo constataram-se as seguintes melhorias a ser aplicadas:

- Diminuição do peso do produto;
- Reforçar o suporte do eixo que faz ligação do eixo ao braço de apoio;
- Utilizar uma chaveta de encaixe.

### 3.5 Viabilidade econômica e financeira

Para lançar o produto ao mercado antes é necessário verificar e analisar sua viabilidade econômica e financeira para que as vendas sejam bem sucedidas. Para ajudar a examinar as possibilidades do produto no mercado o grupo através da pesquisa de mercadológica elaborou uma pergunta que responde a disposição e possibilidade que o público alvo pagaria pelo marcador de fumo. Conforme Figura 6 demonstra a disposição dos produtores entrevistados.

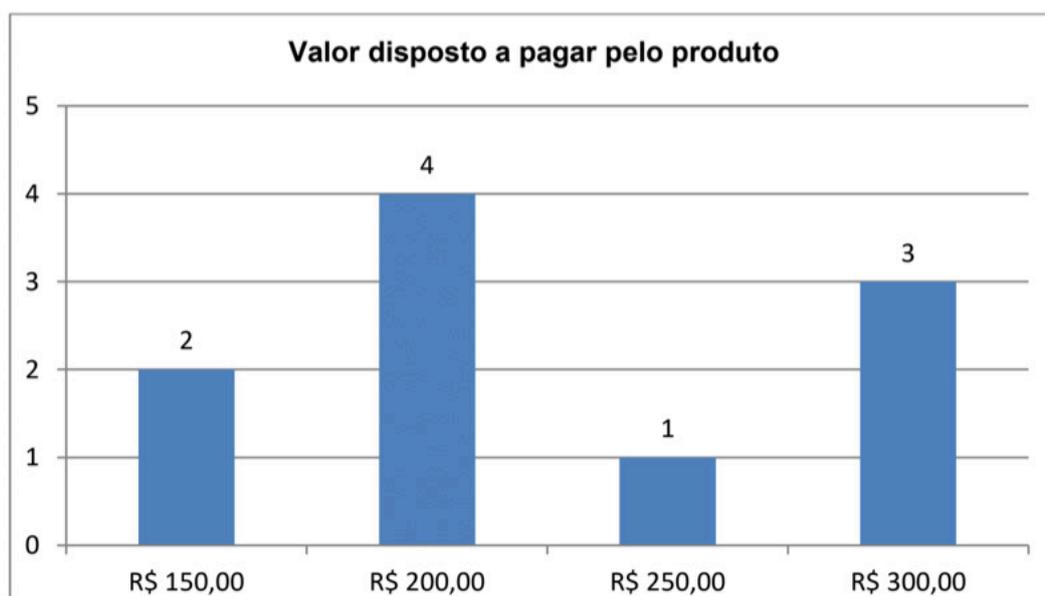


Figura 6 – Valor disposto a pagar pelo produto

Fonte: Dados da Pesquisa (2016).

Analisando a Figura 6 nota-se que a maioria dos agricultores entrevistados estaria disposto a pagar entre R\$ 200,00 a R\$ 300,00 pelo produto, valores que levam em questão sua atual situação financeira e econômica.

Após a análise de mercado apresentada acima o grupo depois de ter realizado a construção do equipamento marcador de fumo fez um levantamento dos custos do produto criado, e são os seguintes de acordo com a Tabela 2.

<b>Materiais</b>	<b>Custo</b>
20 parafusos M10X40 mm	R\$ 15,00
20 arruelas	
20 porcas travantes M10	
2 chavetas	
3,5 m de tubo 25,4x2,65 mm	R\$ 26,00
100 mm de maciço de 30Ø mm	R\$ 5,00
Chapas cortadas na laser	R\$ 200,00
Tinta	R\$ 18,00
Antiferrugem	R\$ 20,00
Mão de Obra	R\$ 50,00
Solda	R\$ 15,00
Outros	R\$ 20,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 369,00</b>

Tabela 2 – Custo do Protótipo  
Fonte: Dados da Pesquisa (2016).

Através da Tabela 2 o custo total do produto é de R\$ 369,00 ficando inviável a comercialização do produto em relação aos dados coletados na pesquisa mercadológica onde a maioria dos produtores de fumo estaria disposto a pagar entre R\$ 200,00 a R\$ 300,00, com isso o produto geraria prejuízo.

#### 4 | CONCLUSÃO

Com o objetivo de desenvolver um equipamento manual de marcação para o plantio de fumo o trabalho atingiu a finalidade considerando que o equipamento foi estudado e posteriormente desenvolvido, alcançando ainda a aceitação dos produtores e futuros usuários.

Salienta-se que o problema da pesquisa que foi o de como desenvolver um equipamento manual de marcação de fumo, para produtores de área de plantio de até 20 hectares foi atendido, construindo-se o referido equipamento utilizando métodos de análises que resultaram no conhecimento necessário para o desenvolvimento do marcador.

A construção do protótipo utilizando materiais pré-determinados foi concluída com êxito atingindo o objetivo proposto. A aplicação da pesquisa mercadológica mostrou algumas possibilidades de melhorias devido a opiniões de produtores e também serviu de base para a realização da viabilidade financeira e econômica que demonstrou o alto custo de produção do equipamento inviabilizando sua comercialização.

#### REFERÊNCIAS

Arauto, J. (2016). **Produtor planta fumo mais cedo**. Acesso em 22 de Set de 2016, disponível em Jornal Arauto: <http://www.jornalarauto.com.br/Pages/14397/Produtor-planta-fumo-mais-cedo#.V->

FAO/INCRA. (1994). **Diretrizes de Política Agrária e Desenvolvimento Sustentável**. Coordenação de Carlos E. Guanziroli.

FRANCESCHI, A. (2013). **Ergonomia**. Santa Maria - RS.

HEEMANN, F. (2009). **O Cultivo do Fumo e Condições de Saúde e Segurança dos trabalhadores Rurais**. Porto Alegre - RS.

LIMA, A., BASSO, N., NEUMANN, P., DOS SANTOS, A., & MÜLLER, A. (2005). **Administração da unidade de produção familiar: modalidades de trabalho com agricultores**. (3), pp. 40-41.

MATTEI, L. (Maio de 2014). **O papel e a importância da agricultura familiar no desenvolvimento rural brasileiro contemporâneo**. Revista Econômica do Nordeste, 45, 71-79.

MELICZEK, H. (2003). **A política da FAO para a promoção da agricultura familiar (Vol. 8)**. Santa Cruz do Sul.

Oliveira, F., & Costa, M. C. (2012). **Dossiê técnico cultivo de fumo**. São Paulo.

RODRIGUES, E. (12 de Setembro de 2014). **Definição e importância do cronograma de projeto**. Acesso em 22 de Setembro de 2016, disponível em Gestão de Projetos na Prática: <http://www.elirodrigues.com/2014/09/12/definicao-e-importancia-do-cronograma-de-projeto/>

SCHMITZ, H. (2010). **Agricultura familiar: Extensão Rural e Pesquisa Participativa**. (FABESPA).

SEBRAE. (21 de 09 de 2016). **Pesquisa de mercado**. Acesso em 2016, disponível em Sebrae: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/pesquisa-de-mercado-o-que-e-para-que-serve,97589f857d545410VgnVCM1000003b74010aRCRD>

SIDERSKY, P. (1990). **Sobre a especificidade do pequeno produtor: Introdução ao debate sobre a unidade econômica camponesa**.

STOFFEL, J. (2006). **Agricultura familiar nos estados da região sul do Brasil: caracterização a partir dos dados do censo agropecuário de 2006**.

TENAX. (2016). **Construção Mecânica**. Acesso em 20 de Setembro de 2016, disponível em Produtos Aço Carbono: [http://www.tenax.com.br/dados/produtos/tabelasprodutos/Construcaomecanica/produtos\\_Acocarbono.html](http://www.tenax.com.br/dados/produtos/tabelasprodutos/Construcaomecanica/produtos_Acocarbono.html)

VOGT, O. P. (1997). **A produção de fumo em Santa Cruz do Sul, RS: 1849-1993**. EDUNISC.

## CONTROLE E MONITORAMENTO DE CARGAS COM SISTEMA SCADABR E ARDUINO

**Chagas Carvalho Teixeira de Oliveira Junior**

IFCE- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Departamento de Telemática.  
Fortaleza – CE.

**RESUMO:** Este artigo apresenta um sistema de controle e supervisão de cargas utilizando o software ScadaBR e a placa Arduino tendo como protocolo de comunicação o Modbus Serial. O estudo foi motivado com objetivo de implementar um sistema supervisório através do uso de um software livre e de um kit de processamento de baixo custo. A aplicabilidade das ferramentas utilizadas estende-se da automação básica como acionamento de cargas, indo até o controle de uma planta industrial. Ao implementar o sistema supervisório foi possível analisar a potencialidade e flexibilidade das ferramentas, ScadaBR e Arduino, evidenciando assim a importância das mesmas como ferramentas alternativas de baixo custo na execução de sistemas de automação e controle supervisório. A ausência da obrigação de uma licença de software foi um fator determinante para a utilização do ScadaBR neste trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** ScadaBR. Arduino. Sistema Supervisório. Modbus Serial.

**ABSTRACT:** This paper presents a load control and supervision system using the ScadaBR software and the Arduino board having Modbus Serial communication protocol. The study was motivated with the objective of implementing a supervisory system through the use of free software and a low cost processing kit. The applicability of the tools used extends from the basic automation like drive of loads, going until the control of an industrial plant. When implementing the supervisory system, it was possible to analyze the potentiality and flexibility of the tools, ScadaBR and Arduino, thus highlighting their importance as low cost alternative tools in the execution of automation and supervisory control systems. The absence of the obligation of a software license was a determining factor for the use of ScadaBR in this work.

**KEYWORDS:** ScadaBR. Arduino. Supervisory system. Modbus Serial.

### 1 | INTRODUÇÃO

Os sistemas supervisórios são amplamente utilizados em várias áreas como indústria, segurança e também na automação industrial. Dentre os sistemas supervisórios o SCADA (do inglês, Supervisory Control and Data Acquisition) é o mais utilizado. Tais

sistemas permitiram tornar a operação de plantas industriais mais eficientes (PAIOLA, 2009) devido a sua capacidade de fornecer, em tempo real, a visualização de dados envolvidos no processo, além da geração de relatórios, que auxiliam na tomada de decisões gerenciais.

Grandezas como pressão, nível, vazão, temperatura, dentre outras, integram e atuam na tomada de decisões no chão de fábrica das indústrias de processamento. Tais informações são coletadas no chão de fábrica através de transdutores e outros equipamentos de coleta de dados, e em seguida não manipulados, analisados, armazenados, e, de alguma forma, apresentados ao usuário. É nesse cenário que os sistemas supervisórios se encaixam como ótimas ferramentas de visualização e interface de operação de processos (PAIOLA, 2009).

Nos sistemas supervisórios, cada processo possui grandezas que são correlacionadas com as variáveis do sistema supervisório, as quais se diferem pelo tipo de dado a ser armazenado: inteiro, booleano ou binário, float, string, etc. Um sistema SCADA tem como ferramentas principais: alarmes, geradores de relatórios, gráficos de históricos, drivers de comunicação, banco de dados e scripts de configuração. Ferramentas estas que são essenciais em sistemas de monitoramento e controle de processos automatizados em geral.

Segundo (RAMOS, ROCHA, *et al.*, 2013), no mercado tecnológico, muitos softwares SCADA são disponibilizados, com custo relativamente elevado. O que acarreta o impedimento do uso dos mesmos em sistemas de menor porte ou em instituições de ensino tecnológico. Entretanto, existem os softwares de licença livre, como o ScadaBR, que possuem funcionalidades SCADA, os quais proporcionam o desenvolvimento de aplicações de monitoramento, controle e aquisição de dados de forma gratuita. A arquitetura Arduino pode ser utilizada para compor o hardware de projetos de baixo custo, como afirma (SILVA, CAVALCANTE, *et al.*, 2014). O Arduino é uma plataforma utilizada para controlar equipamentos e protótipos de forma mais acessível do que outros sistemas disponíveis no mercado.

O trabalho em questão tem por objetivo apresentar uma aplicação real de um controle de cargas e monitoramento de um sensor de temperatura, conectados a um Arduino que troca informações via protocolo Modbus Serial com o software ScadaBR instalado em um computador.

As ferramentas, ScadaBR e Arduino, foram escolhidas levando-se em consideração o aspecto econômico, já que o ScadaBR é um software de livre licença e o Arduino também é uma plataforma de hardware livre, o que permite estender o uso das mesmas ferramentas em áreas como o ensino e aprendizagem, além do uso em aplicações industriais de baixo custo.

O protocolo Modbus Serial foi utilizado como protocolo de comunicação por ser amplamente disponível para diversos dispositivos, devido sua simplicidade e por ser um protocolo livre de licenças.

O artigo apresenta no capítulo 2 uma introdução sobre as ferramentas

utilizadas; no capítulo 3 é destacada a metodologia de desenvolvimento do sistema de monitoramento e no capítulo 4 são feitas algumas considerações sobre o estudo realizado além de apresentar possibilidades de melhorias futuras na tecnologia apresentada.

## 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para o melhor entendimento da proposta do trabalho, será apresentada nessa secção as principais ferramentas utilizadas no estudo.

### 2.1 Sistemas supervisórios

Os sistemas de supervisão de processos industriais são também conhecidos como sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) (MELENDEZ, COLOMER e DE LA ROSA, 2001), eles devem ser capazes de processar as informações da planta industrial e torna-las disponíveis para o operador ou qualquer outro usuário do software supervisório (JUNIOR e PEREIRA, 2003). Podem também realizar atividades de controle em nível de supervisão e automaticamente, com o auxílio de algum mecanismo específico aplicado ao sistema computacional, tomar decisões e executar ações sobre o processo (OZDEMIR e KARACOR, 2002).

Os sistemas supervisórios podem ser utilizados em áreas como: automação industrial, automação residencial, controle de ventilação, controle de aquecimento, sistema de energia, sistemas de saneamento, estações de meteorologia, automação rural, redes de sensoriamento sem fio, aplicações de IoT (do Inglês, Internet of Things) Internet das coisas, dentre outros.

Um sistema SCADA pode ser empregado em aplicações simples de monitoramento e automação, indo até aplicações que permitam a gestão de painéis de controle completos envolvendo complexos processos de plantas industriais. Nos dias atuais os sistemas supervisórios se apresentam de fundamental importância na área de gestão de plantas industriais, graças as suas flexíveis ferramentas de supervisão, controle e operação.

Referente a supervisão se pode incluir todas as funções de monitoramento dos processos como o auxílio de gráficos e tabelas de variáveis analógicas ou digitais, relatórios e alarmes que são acompanhados em tempo real pelo operador. Na operação, a principal atuação dos sistemas SCADA é a de substituir as funções das antigas mesas de controle, otimizando mudanças funcionais nos processos, como mudanças de rota, direção e et. (SOUZA, 2005). As ações de controle ficam por parte da unidade de processamento autônomo, onde o papel do sistema é de atualização dos pontos de dados que devem ser realizados de acordo com o comportamento do processo.

## 2.2 Funcionalidades do ScadaBR:

O ScadaBR é um software gratuito de código aberto, criado através de uma parceria entre várias instituições (CNPq, Finep, Sebrae, Conetec, MCA, Fundação Certi e Unis Sistemas), onde hoje o seu desenvolvimento é realizado por qualquer usuário que pertença à comunidade do ScadaBR, que é sem fins lucrativos (FARIA, SILVA, *et al.*, 2012). O ScadaBR pode ser amplamente empregado em aplicações de automação em geral, laboratoriais, sistemas de irrigação, energia e etc., principalmente voltado para a aquisição de dados e controle supervisão.

### 2.2.1 Protocolos de comunicação

O ScadaBR possui em sua biblioteca vários protocolos de comunicação de diversos fabricantes, onde a escolha do protocolo mais adequado depende da finalidade da aplicação e dos recursos disponíveis para executá-la. Dentre vários protocolos podemos cita como principais: Modbus, Bacnet, OPC, ASCII, entre outros.

### 2.2.2 Banco de dados

São utilizados para o armazenamento de dados e históricos que envolvem os processos. Atualmente o ScadaBR suporte dois Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados, o MySQL e o Apache Derby. (FARIA, SILVA, *et al.*, 2012).

### 2.2.3 Sinóticos

O ScadaBR possui uma interface para criação de sinóticos, que são telas de sistemas que permitem o usuário acompanhar os processos de uma forma animada intuitiva. Os sinóticos, como o da Figura 01, ilustram bem as variações de parâmetros e de variáveis, com a utilização de displays, gráficos, barras de nível e etc.

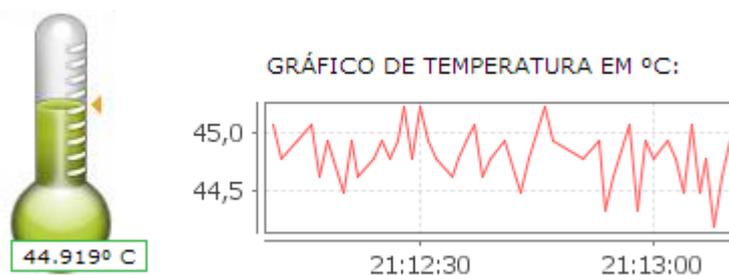


Figura 1 - Sinótico de um sensor de temperatura.

Fonte 1- Autor.

Os Sinóticos ainda possuem a capacidade de fornecer comandos que permitam

o operador interagir com o processo, alterando o valor do ponto de dado representado pelo Sinótico, enviando comandos do tipo ON/OFF, além de facilitar a visualização dos alarmes e relatórios gerados durante a execução em tempo real do processo.

### 2.2.4 Alarmes

Os alarmes são habilitados com o objetivo de alertar o operador do sistema que algo dentro do processo não está no conforme. Esse alerta é configurado para observar uma variável crítica, que aciona um alarme quando a mesma ultrapassa os limites pré-estabelecidos pelo operador do sistema. Nas Figuras 2 e 3 estão representados dois tipos de alarmes disponíveis no ScadaBR.

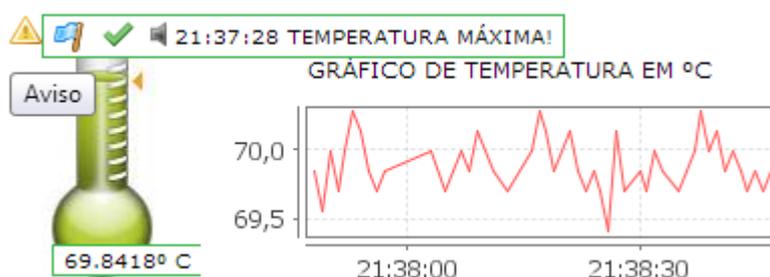


Figura 2- Alarme ativo so sinótico de temperatura.

Fonte 2- Autor.



Figura 3- Alarme ativo na listagem de observação.

Fonte 3- Autor.

Os alarmes são sinalizados através de animações, mensagens de texto e avisos sonoros. Além disso, o ScadaBR permite o envio por e-mail de alertas caso um alarme seja acionado.

### 2.2.5 Gráfico de Históricos:

Os gráficos de históricos representam as variáveis envolvidas no processo ao longo do tempo de monitoramento do processo, como representa a Figura 3. Esse recurso é muito importante para o acompanhamento do andamento dos processos, sendo mais aplicáveis em variáveis analógicas como: vazão, pressão, temperatura e etc.

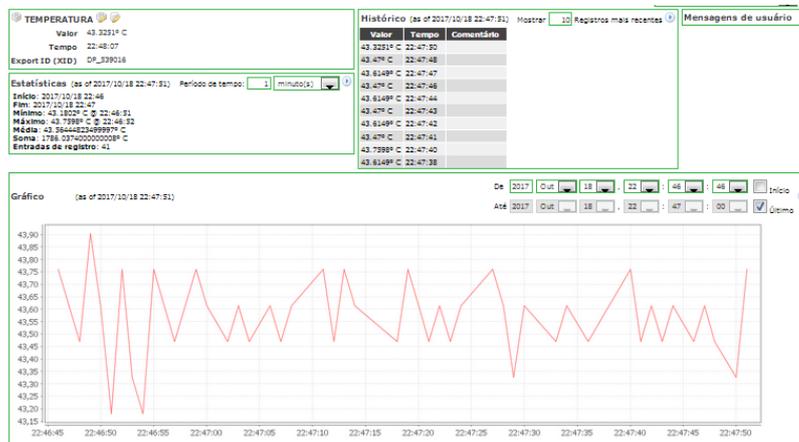


Figura 4- Gráfico de histórico do ScadaBR.

Fonte 4- Autor.

### 2.2.6 Relatórios

O ScadaBR possui um gerador de relatórios próprio, além de ser compatível com os principais geradores de relatórios customizados. A elaboração dos relatórios pode ser customizada pelo operador e baseia-se em dados armazenados no banco de dados da aplicação. Os relatórios podem ser gerados por períodos fixos de tempo, por acionamento de alarmes ou fechamento de ciclos de processos e tem uma importância significativa para a gerência da planta monitorada.

Os relatórios contêm dados como: título, Início da execução, duração da execução, nº de registros armazenados, tipo de dados, intervalo máximo e mínimo, média aritmética, soma acumulada, descrição dos eventos ocorridos e também os gráficos de históricos das variáveis.

### 2.3 Arquitetura AVR e o Kit Arduino

Os AVR são microcontroladores de 8bits com arquitetura Harvard baseados em tecnologia RISC – (do Inglês Reduced Instruction Set Computer) Computador com Set de Instruções Reduzido.

A arquitetura Harvard modificada do AVR tem o programa e os dados armazenados em sistemas de memória física separados, que aparecem em diferentes espaços de endereços, mas possui a habilidade de ler os itens da memória do programa usando instruções especiais. (GOMES, 2011). Além disso os AVR possuem periféricos como: conversos A/D (Analógico/Digital), canais PWM – (do Inglês Pulse-Width Modulation), timers, entre outros.

O Arduino é uma plataforma de prototipagem livre baseada nos microcontroladores AVR Atmel, que proporciona o desenvolvimento de projetos eletrônicos de automação, robótica e controle. A Figura 5 mostra o Arduino em sua versão UNO R3. Ele possui suporte de entradas e saídas digitais e analógicas, além de uma interface serial via USB, que possibilita executar sua programação de forma simples e comunicação

facilitada.



Figura 5 - Arduino UNO R3.

Fonte 5 - <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

Para a programação da plataforma Arduino é utilizada uma aplicação multiplataforma escrita em Java, conhecida como Arduino IDE, que possibilita carregar os programas para a placa com muita facilidade. As linguagens aceitas pela IDE para programar o dispositivo são C ou C++. A plataforma de hardware livre Arduino proporciona a implementação de projetos e protótipos de baixo custo devido suas características de hardware e de livre licença.

### 3 | METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento e elaboração do sistema de monitoramento e controle de cargas através do software supervisor ScadaBR e da plataforma de hardware livre Arduino.

#### 3.1 Definição das ferramentas utilizadas

As escolhas das ferramentas, Arduino e ScadaBR, foram determinadas devido a não obrigatoriedade do uso de licenças das duas ferramentas, e também por serem compatíveis com o protocolo Modbus Serial que também não possui obrigatoriedade de taxas de licenciamento, e ainda é compatível com vários meios físicos de transmissão.

Para realizar a comunicação entre o ScadaBR e o Arduino via protocolo Modbus Serial, foi realizada uma pesquisa em diversas fontes como, blogs, sites e plataformas de compartilhamento de código livre, com o objetivo de encontrar uma biblioteca de

protocolo para Arduino compatível com as duas ferramentas. Após serem realizados testes em cima das bibliotecas encontradas em pesquisa, foi definida a utilização da biblioteca SimplModbusSlave.h, devido a sua compatibilidade com a plataforma Arduino e o software ScadaBR. Essa biblioteca pode ser encontrada em (MARIA, 2016).

### 3.2 Funcionamento do Hardware

A elaboração do circuito de comando teve como objetivo avaliar a potencialidade de implementar a comunicação entre as ferramentas e evidenciar a capacidade do uso das mesmas na construção de sistemas supervisórios e de controle de baixo custo. As cargas utilizadas para compor o sistema foram duas pequenas fitas de LED além de um pequeno cooler de ventilação, que seriam acionados pelo usuário do sistema através do ScadaBR. A ligação das cargas foi feita através de relés que atuam como chaveamento segundo o nível lógico dos pinos ligados ao Arduino. Para aumentar a complexidade do sistema foi adicionado também um transmissor de temperatura e humidade DHT11, o que proporcionou a troca de dados analógicos melhorando assim as funcionalidades de monitoramento.

A ligação dos pinos do Arduino com as portas dos relés foi feita utilizando os pinos Digitais 8,9, e 10. O pino 10 para acionamento do circuito de iluminação 01, o pino 09 para o acionamento do circuito de iluminação 02 e o pino 08 para o acionamento do circuito do cooler, que foi definido como circuito de Exaustor. Os relés foram alimentados pelo pino de carga do Arduino, que fornece 5V para pequenas cargas e etc., porém as cargas foram alimentadas por uma fonte externa de energia representada na Figura 6 por uma bateria de 9V, mas no circuito real foi utilizada uma Fonte CC de 12V. O transmissor de temperatura e humidade DHT11 foi conectado no pino de leitura analógica A1 e sua alimentação foi feita no próprio Arduino.

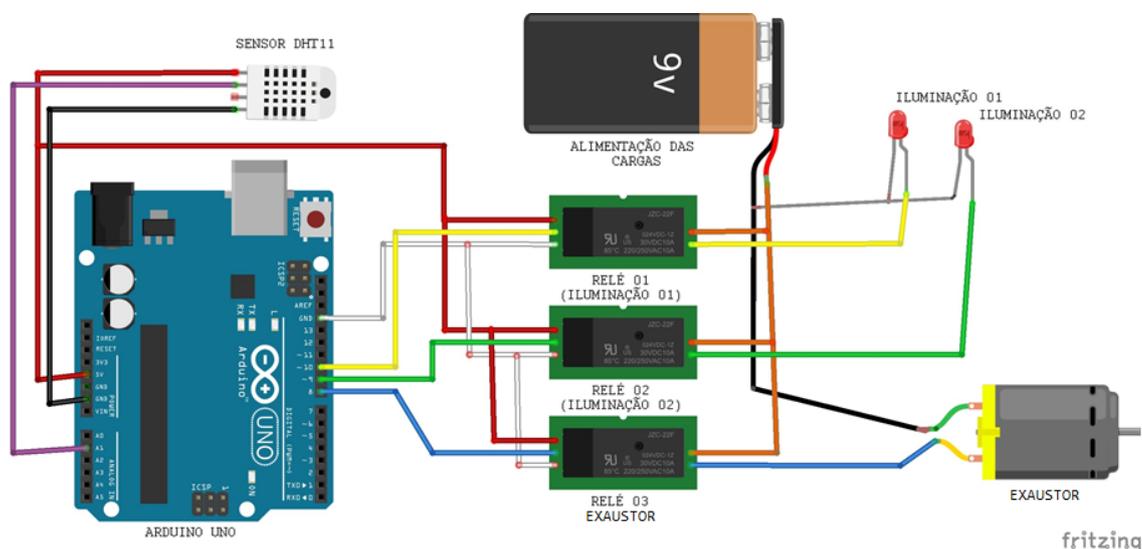


Figura 6 - Representação do hardware utilizado.

Fonte 6- Autor.

A comunicação entre o Arduino e o ScadaBR foi realizada via USB-Serial. Na Figura 07 encontra-se o hardware real utilizado para implementar o sistema.

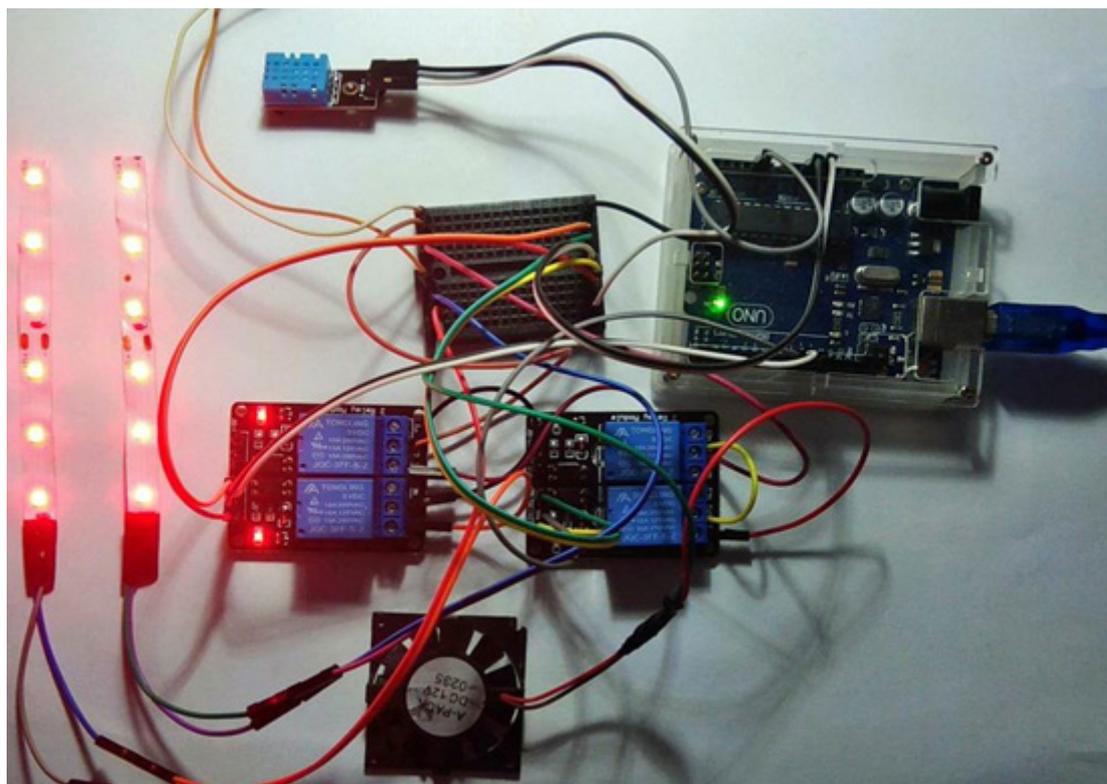


Figura 7- Hardware real utilizado no sistema.

Fonte 7- Autor.

### 3.3 Programação do Arduino

A programação do kit Arduino foi elaborada para atender os requisitos de controle do acionamento das cargas e também para permitir o monitoramento do transmissor de temperatura e pressão DHT11. A versão do Arduino utilizado na implementação do hardware foi a versão UNO, mas o código serve para outras versões do kit Arduino.

A troca de dados entre o Arduino e o ScadaBR via protocolo Modbus é realizada através da biblioteca *SimpleModbusSlave.h*. A biblioteca possui funções importantes na elaboração da programação do Arduino, onde dentre algumas podemos destacar a *modbus.configure()*, que permite definir as configurações da comunicação, como: a porta serial utilizada, a taxa de transmissão, o formato da mensagem a ser enviada, a identidade do dispositivo escravo, o pino de habilitação da transmissão dos dados além do tamanho juntamente com o endereço do bloco de registradores usados na troca de informações.

Outra função importante é a *Modbus\_update\_comms()*, que atualiza as configurações da comunicação do protocolo Modbus, e tem como parâmetros a taxa de transmissão, o formato da mensagem além da identidade do dispositivo escravo.

A função *modbus\_update()*, é a função responsável por enviar e atualizar os dados entre os dispositivos. É nela onde ocorre a atualização sequencial dos registros

que é feita a cada loop dentro da execução do código. O Código completo com todas as funções utilizadas está representado na Figura 8.

```
#include <SimpleModbusSlave.h> #include "DHT.h" DHT dht(A1, DHT11);
enum
{ ADC1,ADC2,ADC3,ADC4,ADC5,HOLDING_REGS_SIZE};
unsigned int holdingRegs[HOLDING_REGS_SIZE];
void setup()
{ //configurações do sensor DTH11:
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
  //configurações do protocolo ModbusSerial:
  modbus_configure(&Serial, 9600, SERIAL_8N1, 1, 2, HOLDING_REGS_SIZE, holdingRegs);
  modbus_update_comms(9600, SERIAL_8N1, 1);
  pinMode(10,OUTPUT); //Luzes 1
  pinMode(9,OUTPUT); //Luzes 2
  pinMode(8,OUTPUT); //Exaustor}
void loop()
{ modbus_update(); // Função de atualização dos registradores
  digitalWrite(10,holdingRegs[ADC1]);//luzes 1
  digitalWrite(9,holdingRegs[ADC2]);//Luzes 2
  digitalWrite(8,holdingRegs[ADC3]);//Exaustor
  holdingRegs[ADC4] = dht.readHumidity();//Leitura de humidade
  holdingRegs[ADC5] = dht.readTemperature();//Leitura de temperatura}
```

Figura 8- Código gravado no Arduino.

Fonte 8- Autor.

A estrutura do código utilizado no Arduino é composto pela adição das bibliotecas utilizadas, em seguida vem a definição da quantidade de registros de dados que serão utilizados dentro de uma estrutura do tipo *enum*, depois temos as configurações dos parâmetros de comunicação e de pinos, e por ultimo a estrutura de repetição onde dentro dela temos o envio constante de dados entre os dispositivos.

### 3.4 Controle pelo ScadaBR

Para ter o controle do acionamento das três cargas e receber os dados transmitidos pelo DHT11, foi criado no ScadaBR uma Fonte de Dados (*Data Source*), representado na Figura 9, que contém 5 Pontos de Dados (Data Points), onde cada ponto de dado foi configurado de acordo com o tipo de dado que ele representa, sendo do tipo binário para acionamentos On/Off e Numérico para representar os valores analógicos recebidos pelo transmissor DHT11.

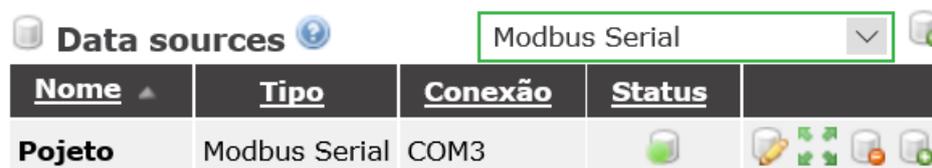


Figura 9- Fonte de Dados.

Fonte 9- Autor.

Os pontos de dados referentes aos controles das cargas foram nomeados de acordo com suas funcionalidades, sendo o Exaustor para a ventilação, e as luzes representadas por luzes 1 e luzes 2, todos do tipo Binário, por representarem estados de funcionamento, onde 0 é desligado e 1 ligado. Já a Humidade e Temperatura foram configurados do tipo Numérico por serem dados que assumem um valor dentro de uma faixa de valores de forma contínua. A configuração dos Pontos de Dados é mostrada na Figura 10.

Data points 						
Nome	Tipo de dado	Status	Escravo	Faixa	Offset (baseado em 0)	
<b>Exaustor</b>	Binário		1	Registrador holding	2/0	
<b>Humidade</b>	Numérico		1	Registrador holding	3	
<b>luzes 1</b>	Binário		1	Registrador holding	0/0	
<b>luzes 2</b>	Binário		1	Registrador holding	1/0	
<b>Temperatura</b>	Numérico		1	Registrador holding	4	

Figura 10- Ponto de Dados.

Fonte 10- Autor.

Depois de configurados a Fonte de Dados e os Pontos de Dados, o sistema encontra-se disponível para realizar o controle do acionamento das cargas além do monitoramento dos dados transmitidos pelo DHT11 em tempo real através da lista de observação (Watch list) como visto na Figura 11.

Watch list 					(sem nome) 					
	Pojeto - luzes 1	LIGADO	23:26:41	<input checked="" type="checkbox"/>						
	Pojeto - luzes 2	LIGADO	23:26:41	<input checked="" type="checkbox"/>						
	Pojeto - Exaustor	LIGADO	23:26:41	<input checked="" type="checkbox"/>						
	Pojeto - Humidade	83.0	23:26:41	<input checked="" type="checkbox"/>						
	Pojeto - Temperatura	31.0	23:26:41	<input checked="" type="checkbox"/>						

Figura 11- Lista de observação.

Fonte 11- Autor.

A criação de sinóticos é um recurso disponível no ScadaBR, o que proporciona ao operador do sistema um recurso visual que deve ser limpo e de fácil interpretação. Na Figura 12 é representado um exemplo de sinótico simples, mas bastante funcional, onde através dele o operador pode realizar o acionamento e a verificação do estado das luzes e do ventilador chamado de exaustor/motor. Além disso encontra-se disponível um pequeno gráfico de histórico das variáveis de Temperatura e Humidade,

transmitidas pelo DHT11 e atualizadas ao operador em tempo real.

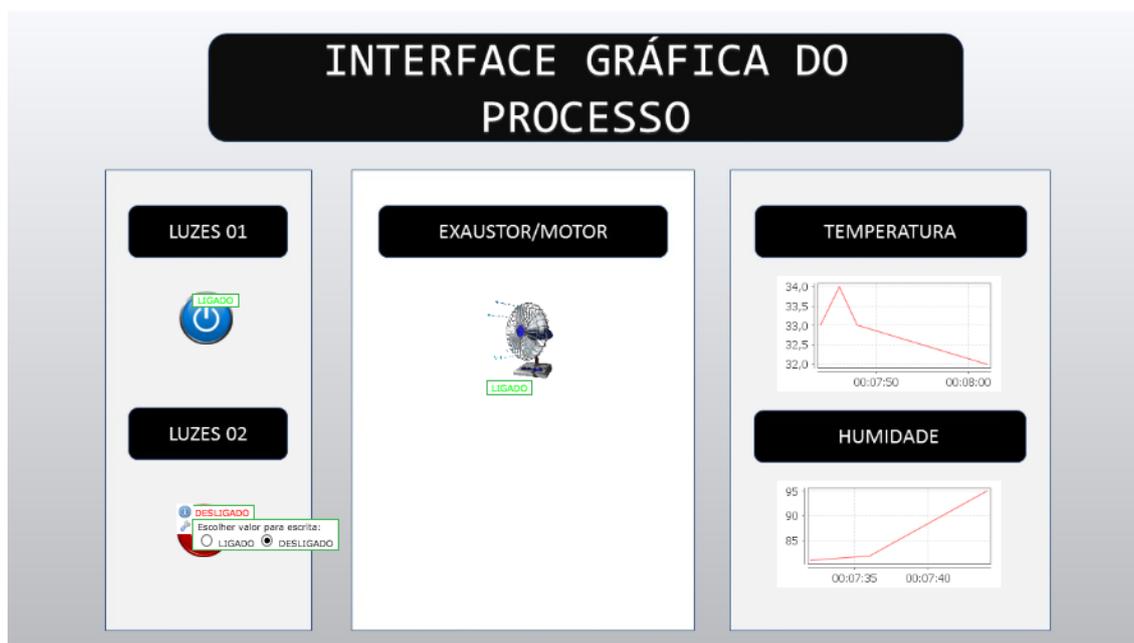


Figura 12- Sinótico simples.

Fonte 12- Autor.

Pode-se destacar também a facilidade de configuração e elaboração de um sinótico no ScadaBR, onde é necessário apenas relacionar o Ponto de Dados ao tipo de animação mais adequada para representá-lo. Os sinóticos do ScadaBR também permitem a clara visualização de alarmes além de ser possível inserir a representação do chão de fábrica da aplicação e dispor os equipamentos em suas localizações, criando assim uma Interface Homem Máquina que facilita a visualização de cada setor da planta industrial em tempo real.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foi apresentado o uso do ScadaBR juntamente com o Arduino, no desenvolvimento de um sistema de controle e supervisão, que teve como objetivo o acionamento de cargas além do monitoramento de um transmissor de temperatura e humidade. Através do estudo realizado foi evidenciado que as ferramentas, ScadaBR e Arduino, possuem funcionalidades necessárias para a implementação de um sistema supervisor, o que possibilita a utilização das ferramentas em pequenas aplicações industriais de monitoramento e controle de baixo custo. Além disso vale destacar o potencial do uso das ferramentas como instrumentos na área de ensino para testes e estudos, graças a livre disponibilidade de custo das ferramentas e também da não necessidade de gastos com licenças de software.

Como contribuições futuras, vale destacar o uso do ScadaBR com um dispositivo como o módulo WiFi ESP8266 NodeMcu ESP-12, que é um hardware que possui de

forma nativa a comunicação Wireless padrão 802.11b/g/n e suporta conexões TCP/IP, permitindo assim o controle das aplicações envolvidas de qualquer lugar via Internet.

## REFERÊNCIAS

- FARIA, M. H. M. et al. **Estudo comparativo entre ferramentas de supervisão, controle e aquisição de dados e a importância destas para o ensino em engenharia.** XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Campus III: [s.n.]. 2012.
- GOMES, V. K. L. **Desenvolvimento de um jogo de memorização luminosa na plataforma Arduino.** Monografia., 2011.
- JUNIOR, W. P.; PEREIRA, C. E. **A supervisory tool for real-time industrial automation systems.** Object-Oriented Real-Time Distributed Computing, 2003. Sixth IEEE International Symposium on, 2003.
- MARIA, J. [www.github.com. Github, Pepsila, Arduino, SimpleModbusSlave.](https://github.com/pepsilla/Arduino/tree/master/MODBUS/ASCII/libraries/SimpleModbusSlave), 26 Agosto 2016. Disponível em: <<https://github.com/pepsilla/Arduino/tree/master/MODBUS/ASCII/libraries/SimpleModbusSlave>>.
- MELENDEZ, J.; COLOMER, J.; DE LA ROSA, J. L. **Expert supervision based on cases.** Emerging Technologies and Factory Automation, 2001. Proceedings. 2001 8th IEEE International Conference on, 2001.
- OZDEMIR, E.; KARACOR, M. **Run time position estimation with basic sensors in real time SCADA applications.** Advanced Motion Control, 2002. 7th International Workshop on, IEEE., 2002.
- PAIOLA, C. E. **O papel do supervisor no atual contexto tecnológico.** Intech Supervisórios., 2009.
- RAMOS, M. S. et al. **IMPORTÂNCIA DA FERRAMENTA SCADABR PARA O ENSINO EM ENGENHARIA.** ANAIS COBENGE 2013, 2013.
- SILVA, J. L. D. S. et al. **PLATAFORMA ARDUINO INTEGRADO AO PLX-DAQ: ANÁLISE E APRIMORAMENTO DE SENSORES COM ÊNFASE NO LM35.** Anais da Escola Regional de Computação, Bahia, Alagoas e Sergipe., 2014.
- SOUZA, R. B. **UMA ARQUITETURA PARA SISTEMAS SUPERVISÓRIOS INDUSTRIAIS E SUA APLICAÇÃO EM PROCESOS DE ELEVAÇÃO ARTIFICIAL DE PETRÓLEO.** Monografia., 2005.

## ANÁLISE DE POTENCIAL EÓLICO UTILIZANDO O SOFTWARE WASP E DADOS DE MEDIÇÃO DE ANEMÔMETRO DE TORRES METEOROLÓGICAS

### **Francisco Jeandson Rodrigues da Silva**

Centro Universitário 7 de Setembro,  
Departamento de Engenharia Elétrica  
Fortaleza – Ceará

### **Magna Lívia Neco Rabelo**

Centro Universitário Unifanor Wyden  
Fortaleza – Ceará

### **Antonio Marcos Teixeira**

Centro Universitário Unifanor Wyden  
Fortaleza – Ceará

### **Antônio Wellington Vaz dos Santos**

Centro Universitário Unifanor Wyden  
Fortaleza – Ceará

### **José Neurismar Bezerra de Oliveira**

Centro Universitário Unifanor Wyden  
Fortaleza – Ceará

**RESUMO:** O setor de energia eólica busca cada vez mais aprimorar na assertividade do potencial dos ventos para garantir a viabilidade de instalação de parques eólicos em uma determinada região. Para isto, é necessário ferramentas e programas computacionais adequados. A finalidade deste estudo é identificar a capacidade de previsão das velocidades de vento utilizando uma medição de vento real coletado de um anemômetro e realizar simulações no software de análise de vento dinamarquês (WASP) e observar os resultados para melhor escolha da turbina

eólica para o parque através dos resultados encontrados. A metodologia foi baseada em utilizar um simulador de análise de vento aplicando um medição de vento real de um determinado sitio. Foi utilizada na simulação informações de velocidade média e direção do vento em intervalo de integração horária, medidos de um anemômetro a uma altura da torre de 100 m no ano de 2016. A turbina escolhida foi a ENERCON E-82 E2 de 2,0 MW e a energia estimada pelo WASP foi de 10,63 GWh. Foi considerado um valor de velocidade nominal (U) encontrado de 9,35 m/s, fator de escala (A) de 10,4 e fator de forma (K) de 3,27. O fator de capacidade encontrado foi de 60,67%. Os resultados do WASP indicaram bons valores de geração de energia e fator de capacidade. Apesar de não termos a informação topográfica da medição do vento, os resultados estatísticos demonstrou que a área é favorável a instalação de um parque eólico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recursos eólicos. Simulador. WASP.

**ABSTRACT:** The wind energy sector is increasingly seeking to improve the assertiveness of wind potential to ensure the feasibility of installing wind farms in a given region. For this, adequate tools and software are required. The purpose of this study is to identify the wind speed prediction capability using a real

wind measurement collected from an anemometer and to perform simulations in the Danish wind analysis software (WAsP) and observe the results for better choice of wind turbine for the park through the results found. The methodology was based on using a wind analysis simulator applying a real wind measurement of a given site. In the simulation, mean velocity and wind direction information was used in an hourly integration interval, measured from an anemometer at a tower height of 100 m in the year 2016. The turbine of choice was ENERCON E-82 E2 of 2.0 MW and the energy estimated by the WAsP was 10.63 GWh. A nominal velocity ( $U$ ) value of 9.35 m / s, scale factor ( $A$ ) of 10.4 and form factor ( $K$ ) of 3.27 was considered. The capacity factor found was 60.67%. The results of the WAsP indicated good values of power generation and capacity factor. Although we did not have the topographic information of the wind measurement, the statistical results demonstrated that the area is favorable to the installation of a wind farm.

**KEYWORDS:** Wind resources. Simulator. WAsP.

## 1 | INTRODUÇÃO

A indústria de energia eólica está liderando o caminho em energia renovável no mundo e cada vez mais no Brasil. A análise de micromodelos de parques eólicos na fase pré-construção é vital para garantir a viabilidade de cada projeto. À medida que os parques eólicos aproveitam o aumento da velocidade do vento devido às características topográficas complexas, a modelagem torna-se mais complicada e expandida. O WAsP (programa de análise de vento) é um modelo numérico linear que se tornou um padrão industrial para a criação de parques eólicos na Europa e muito utilizado mundialmente pelas indústrias, inclusive no Brasil.

O WAsP usa entradas topográficas junto com dados de meteorologia do local, projetando velocidade e direção do vento, durante um período de grade definida. A precisão do WAsP foi examinada para as mudanças definidas pelo usuário do WAsP editadas na velocidade do vento na altura do cubo em todos os locais. As projeções não editadas renderam os desvios mais baixos para as produções anuais líquidas (-1.2%), enquanto as correções do usuário excedem ou subestimam a produção de energia significativamente.

Alguns sitios dentro do layout dos parques eólicos são sobre estimativas da velocidade do vento, tanto por causa da rugosidade do terreno quanto pela proximidade com as florestas. O WAsP mostra significativa promessa em projeções através do layout da grade. Uma combinação de correções não editadas e de usuários é recomendada para o futuro local de análise de vento do parque.

O modelo numérico foi desenvolvido pela primeira vez em 1987 pelo Departamento de Energia Eólica da Universidade Técnica da Dinamarca. Foi desenvolvido para as análises apresentadas no European Wind Atlas. O programa emprega uma lista abrangente de modelos para projeção da extrapolação horizontal e vertical das

estatísticas do clima do vento (DEPARTAMENTO DE ENERGIA EÓLICA, 2012), a estimativa do clima e dos recursos eólicos (FRANK, et. al., 2001). O modelo WAsP é um modelo numérico linear que se baseia nos princípios físicos dos fluxos na camada limite atmosférica. O modelo foi validado por uma série de comparações entre estatísticas de vento medidas, modeladas e produção de parques eólicos (MILJØDATA, 2002). O programa é capaz de descrever o fluxo de vento em diferentes terrenos, perto de obstáculos e em pontos específicos.

Antes que o WAsP possa projetar e estimar velocidades de vento, direção e produção de energia em locais escolhidos, os dados de vento fornecidos devem ser analisados. As medidas de vento de 10 minutos são analisadas e um resumo estatístico do clima de vento é observado, específico do local, assim é possível calcular as suas características. A saída é uma rosa de vento e as distribuições de velocidade do vento em diferentes setores. Uma função de distribuição Weibull é então montada no histograma medido para fornecer parâmetros de fator de escala  $A$  e fator de forma  $k$  para cada setor. A distribuição de Weibull está bem estabelecida para uso com estatísticas de vento, pois a distribuição natural costuma se ajustar à forma de Weibull (SEGURO & LAMBERT, 2000).

Os dados do vento observados são convertidos em um clima de vento generalizado ou conjunto de dados de atlas de vento. As observações de vento foram limpas em relação às condições do local, tais como: abrigo (edifícios etc.), rugosidade superficial e orografia. Essa informação foi adquirida de diferentes fontes e foi convertida em um formato de mapa legível pelo WAsP. O programa utilizado para conversão foi o Global Mapper. Quando os dados foram convertidos em condições padrão, e transformado em parâmetros Weibull  $A$  e  $k$  para quatro padrões rugosidades, cinco alturas padrão acima do solo e 12 setores azimutais, pode então criar um atlas de vento geral. (FRANK, et. al., 2001).

O objetivo deste trabalho é utilizar uma medição de vento real coletado de um anemômetro (medidor de vento) e realizar simulações em um programa de análise de vento dinamarquês (WAsP) e observar os resultados para melhor escolha da turbina eólica e calcular a projeção de geração de energia para o sítio através dos resultados encontrados.

## 2 | METODOLOGIA

Inicialmente antes de inserir os dados no WAsP, foi necessário realizar uma análise prévia das informações. Observou-se algumas lacunas nas informações, provavelmente ocasionado por falha no envio dos dados de medição do software comunicador e o centro de recebimento. Houveram falhas nos dias 20 de fevereiro, 23, 24, 29 de julho e 20 de novembro de 2016, sendo com maior intensidade no mês julho com 144 dados perdidos. Estes dias faltantes foram estimados para compor a análise.

A partir de feito a análise da base de dados, foi utilizado um simulador de análise

de vento (WAsP) aplicando um medição de vento real de um determinado sítio. O estudo foi feito apenas para fins acadêmico. Foi utilizado na simulação informações de velocidade média e direção do vento em intervalo de integração horária, medidos em um anemômetro a uma altura de 100 m no ano de 2016.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados de saída do WAsP foi um histograma de probabilidade de Weibull, frequência relativa, melhor fator de escala e de forma, velocidade nominal e densidade de potência da série temporal analisada, conforme mostra Figura 01 exportado diretamente do programa para o Word.

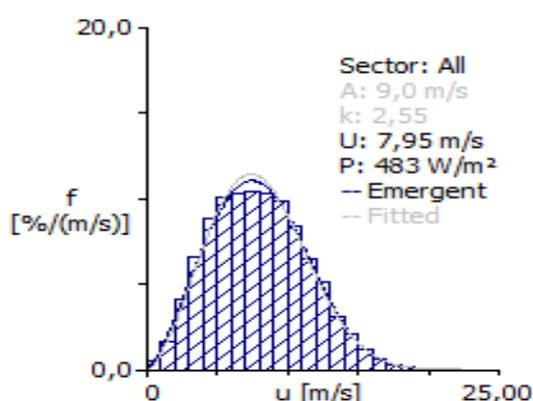


Figura 01 – Histograma de probabilidade de Weibull

Fonte: Aatoria Própria

O fator de escala obtido foi 9,0 m/s, fator de forma K de 2,55 adimensional. A velocidade nominal de 7,95 m/s e a densidade de potência de 483 w/m<sup>2</sup>, estimados pelo WAsP estão especificados na Tabela 01.

Parameter	Measured	Emergent	Discrepancy
Mean wind speed [m/s]	unknown	7,95	unknown
Mean power density [W/m <sup>2</sup> ]	unknown	483 W/m <sup>2</sup>	unknown

Tabela 01 – Parâmetros extraído do WAsP

Fonte: Aatoria Própria

Também foi encontrado a rosa dos ventos, indicando a direção predominante do vento, que foi para a região sul, conforme mostra a Figura 02.

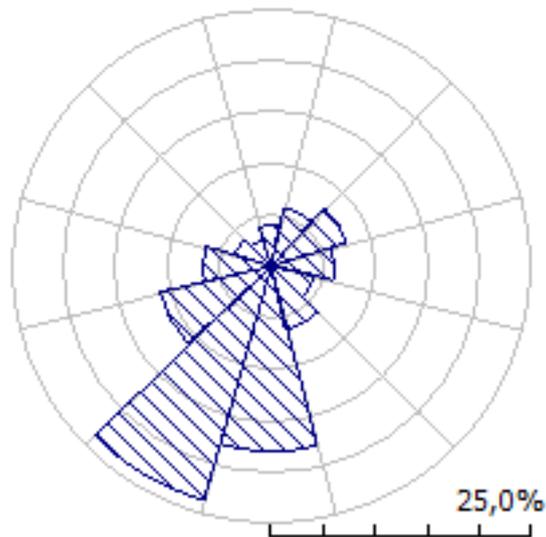


Figura 02 – Rosa dos ventos

Fonte: Autorial Própria

A Tabela 02 mostra os parâmetros de forma, escala, velocidade nominal, densidade potência e frequência relativa, especificados por setor (12 setores). É evidente que o setor com melhor densidade de potência é o setor 8, com 23,7 W/m<sup>2</sup>.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	8,0	7,7	7,1	5,8	6,1	7,6	10,2	<b>10,4</b>	9,3	9,3	8,9	8,1
k	2,14	2,39	2,41	1,90	2,55	2,57	2,92	<b>3,27</b>	2,88	3,17	2,47	2,13
U	7,12	6,87	6,28	5,16	5,45	6,79	9,07	<b>9,35</b>	8,32	8,34	7,86	7,14
P	397	324	246	169	154	297	653	<b>673</b>	506	485	474	402
f	4,0	5,9	7,5	6,0	4,4	6,4	18,0	<b>23,7</b>	11,0	6,7	3,7	2,7

Tabela 02 – Parâmetros encontrados para cada Setor

Fonte: Autorial Própria

A Figura 03 mostra a rosa dos ventos e histograma do setor 8, que mostrou-se ter a direção predominante, com uma densidade de potência (P) de 673 W/m<sup>2</sup>, fator de escala (A) de 10,4 m/s, fator de forma (k) de 3,27 e velocidade nominal (U) de 9,35 m/s

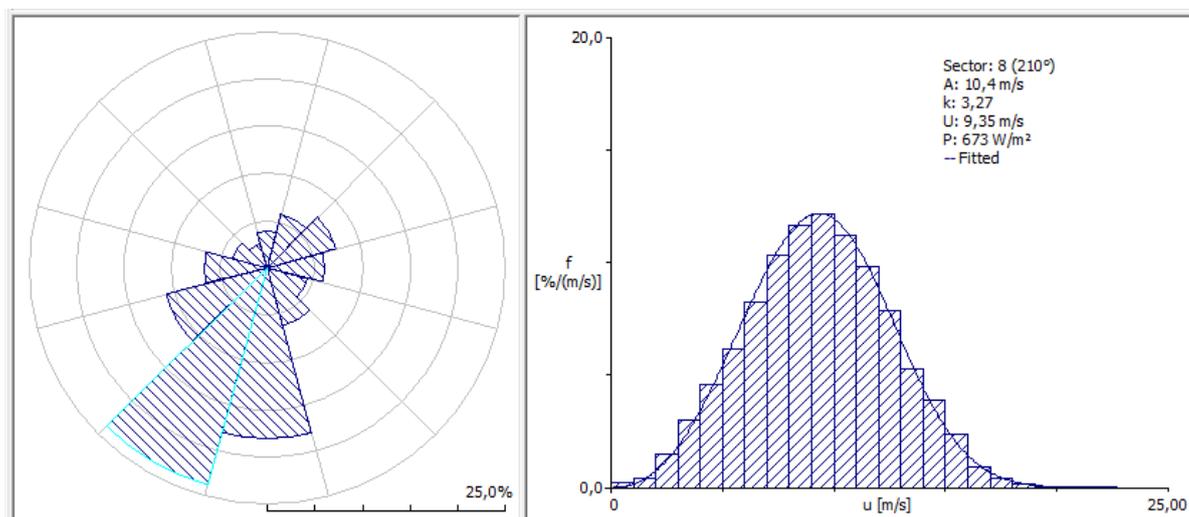


Figura 03 – Histograma da direção predominante representa o melhor (setor 8)

Fonte: Autoria Própria

A turbina escolhida foi a ENERCON E-82 E2 2,0 MW e a energia estimada pelo WAsP para esta turbina foi de 10,63 GWh. Foi considerado um valor de velocidade nominal ( $U$ ) de 9,35, fator de escala ( $A$ ) de 10,4 e fator de forma ( $K$ ) de 3,27, conforme encontrado anteriormente na Tabela 02 (setor 8), na análise do vento. O fator de capacidade encontrado foi de 60,67%.

#### 4 | CONCLUSÕES

Os resultados do WAsP indicaram bons valores de geração de energia e fator de capacidade para ambas as simulações realizadas. Apesar de não termos a informação topográfica da medição do vento, os resultados estatísticos demonstrou que a área é favorável a instalação de um parque eólico.

Simulando o parque com os modelos de aerogeradores escolhidos, buscou-se encontrar o modelo que melhor se adequa ao regime de ventos da determinada região, avaliando seus fatores de capacidade. O modelo Enercon E-82 2,0 MW e 100 m de altura do cubo foi o que obteve os melhores resultados, com fator de capacidade de 60,67%, enquanto que a Enercon E-82 de 2,3 MW também resultou em um fator de capacidade bom, de 47%. A escolha da Enercon foi devido ser amplamente utilizado no país. Por este motivo, optou-se pelo aerogerador Enercon, marca mais popular e com três fábricas no Brasil, a mais próxima no estado de São Paulo. O modelo E-82 de 2,0 MW combinou bons resultados de fator de capacidade e geração de energia elevados, tornando-o a opção escolhida.

É importante mencionar que apesar do vento possuir uma boa potência disponível na direção predominante do vento, que de acordo com a densidade ( $673 \text{ W/m}^2$ ) e área varrida ( $5.281 \text{ m}^2$ ) encontrado, foi de 3,55 MW e energia de 31,13 GWh/ano, enquanto que, a turbina escolhida e simulada no WAsP gerou 10,63 GWh/ano, que tal diferença

é devido o programa considerar o coeficiente de potência e o rendimento da máquina e também no Datasheet da máquina informa uma densidade de potência de 435,5 W/m<sup>2</sup>, que é menor que densidade simulada.

## REFERÊNCIAS

WAsP. (2012, July 26). WAsP. Retrieved November 15, 2012, from <http://www.wasp.dk/Products/WAsP.aspx>

Frank, H. P., Rathmann, O., Mortensen, N. G., & Landberg, L. (2001). **The Numerical Wind Atlas - the KAMM/WAsP Method**. Roskilde, Denmark: Riso.

Miljødata, E. o. (2002). **Case studies calculating wind farm production-Main Report**. Denmark: Energi- og Miljødata.

Seguro, J., & Lambert, T. (Volume 85, Issue 1, March 2000). **Modern estimation of the parameters of the Weibull wind speed distribution for wind energy analysis**. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 75–84.

Frank, H. P., Rathmann, O., Mortensen, N. G., & Landberg, L. (2001). **The Numerical Wind Atlas - the KAMM/WAsP Method**. Roskilde, Denmark: Riso.

## USO DO SISTEMA GOD PARA DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL DO AQUÍFERO À CONTAMINAÇÃO EM MARAU – RS

### **Gabriel D'Ávila Fernandes**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria – Rio Grande do Sul

### **Willian Fernando de Borba**

Centro de Ensino Superior Riograndense  
Sarandi – Rio Grande do Sul

### **Lueni Gonçalves Terra**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria – Rio Grande do Sul

### **José Luiz Silvério da Silva**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria – Rio Grande do Sul

### **Éricklis Edson Boito de Souza**

Universidade Federal de Santa Maria  
Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul

### **Mirta Teresinha Petry**

Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria – Rio Grande do Sul

**RESUMO:** A questão envolvendo o abastecimento de água, não somente nas áreas urbanas, mas também nas zonas rurais, é um problema que afeta, principalmente, os países em desenvolvimento. Nesse sentido, surgem métodos que visam promover a gestão e a proteção adequada dos recursos hídricos subterrâneos. Esse estudo tem por objetivo determinar a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação com uso do

sistema GOD (Foster et al., 2006) e a superfície potenciométrica, do Aquífero Serra Geral em Marau-RS. Para isso, foi utilizado o banco de dados do SIAGAS/CPRM. Com os resultados obtidos, as classes de vulnerabilidade variaram de insignificante a média, com predomínio das classes insignificante e baixa. Os valores de superfície potenciométrica indicam que as áreas de recarga estão nas mais variadas classes de vulnerabilidade, indicando que em algumas áreas pode ocorrer a contaminação do meio a partir disso. Com isso, conclui-se que a partir da metodologia utilizada, o aquífero apresenta boas condições naturais de proteção, com a presença das rochas basálticas da formação Serra Geral.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água subterrânea. Exploração. Serra Geral.

**ABSTRACT:** The issue involving the water supply is an issue that involves the various sectors of society. In this sense, the preservation of water resources, particularly groundwater is of great importance in their management process. In order to assist in the management process, we have numerous tools, among them determining the vulnerability of aquifers to contamination. This study aims to determine the natural vulnerability of the Serra Geral Aquifer contamination also specialized in the potentiometric surface in northwestern of Rio

Grande do Sul state in the highlands of the Serra Geral, in the city of Palmeira das Missões. For that, there have been chosen information from 154 water wells available in the bank information of Groundwater Information System for the city. It was applied the GOD system (Foster et al., 2006) for determining vulnerability where there was a predominance of insignificant and lower classes. Thus, the study area has good natural conditions for protection of the underground environment, from basaltic rocks forming a fissure aquifer. However, there is a need for more specific studies for the environmental licensing process activities causing environmental impacts on water resources.

**KEYWORDS:** Groundwater. Management. Pollution.

## 1 | INTRODUÇÃO

A contaminação dos recursos hídricos superficiais, a partir da falta de planejamento ou ainda infraestrutura adequada dos municípios, é um problema que atinge quase todo o país. Nesse sentido, voltam-se os olhares para a água subterrânea, visando suprir essa demanda, seja no abastecimento humano, uso industrial ou ainda na agricultura.

O aquífero, por estar em condições menos propícias a contaminação comparado aos mananciais superficiais, ou ainda, por ser de fácil acesso, vem sendo amplamente utilizado. Porém, seu uso inadequado ou sem planejamento necessário, pode alterar seus aspectos quali-quantitativos, podendo causar graves problemas ambientais.

Nesse sentido, estudos que visam a determinação natural à contaminação dos aquíferos são de suma importância, pois indicam quais áreas são mais vulneráveis à contaminação. Peralta et al. (2005) dizem que pode-se classificar a vulnerabilidade como intrínseca (quando não se leva em consideração o contaminante exposto) e específica (quando o contaminante específico é levado em consideração).

Existem diversas metodologias que visam determinar a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação. Dentre elas, destaca-se o método DRASTIC (ALLER et al., 1987), IS (RIBEIRO et al., 2005) e o GOD (FOSTER et al., 2006). Sendo essa última a mais utilizada por necessitar apenas informações de três parâmetros (G - grau de confinamento da água subterrânea; O - ocorrência de estratos de cobertura e; D - distância até o lençol freático ou teto do aquífero confinado) e apresentar bons resultados para as condições Brasileiras e Caribenhas (FOSTER et al., 2006).

Sendo assim, este estudo tem por objetivo determinar a vulnerabilidade natural do aquífero Serra Geral I e II à contaminação e a Superfície Potenciométrica (SP) no município de Marau-RS. Sendo que para isso, foi utilizado o banco de dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Localização da área de estudo

O município de Marau, conforme Figura 1, está localizado na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul (RS), pertencente a Região Hidrográfica do Guaíba (G), nas Bacias Hidrográficas do Rio Taquari-Antas (G-040) e Alto Jacuí (G-050), segundo a Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA, 2004). Possui uma população estimada, segundo IBGE (2010), de 36.364 habitantes, sendo 31.558 residentes do meio urbano e 4.806 no meio rural, apresenta uma densidade demográfica de 56 habitantes/km<sup>2</sup>. O município destaca-se no cenário regional e atende aos mais diversos setores, entre eles, alimentos, couros, equipamentos para avicultura e suinocultura, metal mecânico e em crescimento o setor da construção civil (MARAU-RS, 2015).

No que se refere a geologia, o município está inserido na Formação Serra Geral (FmSG) Caxias e Gramado. A CPRM (2007), define essas formações geológicas como:

- FmSG Caxias: Derrames de composição intermediária a ácida, riolitos a riolitos, mesocráticos, microgranulares e vitrofíricos, textura esferulítica comum (tipo carijó), forte disjunção tabular no topo dos derrames e maciço na porção central, dobras de fluxo e autobrechas, dobras de fluxo e autobrechas frequentes, vesículas preenchidas predominantemente por calcedônica e ágata;
- FmSG Gramado: Constituída por derrames basálticos granulares finos a médio, melanocráticos cinza, horizontes vesiculares preenchidos por zeólitas, carbonatos, apofilitas esaponita e intercalações com os arenitos Botucatu, onde em profundidade forma aquífero fissural.

Já que no que refere-se hidrogeologia, está presente a Formação Serra Geral I (sg\_1) e II (sg\_2). Segundo Machado e Freitas (2005), a unidade hidroestratigráfica sg1, forma um aquífero fissural, delimita-se pelos municípios de Soledade, Tupanciretã, Santo Antônio das Missões, Santa Rosa, Tenente Portela, Nonoai, Erechim e Passo Fundo, onde constitui-se principalmente, de litologias basálticas vulcânicas, amigdalóides e fraturadas, capeadas por espesso solo avermelhado. Já a sg\_2, segundo esses mesmos autores, ocupa a parte oeste do Estado, os limites das rochas vulcânicas com o rio Uruguai e as litologias gonduânicas, ocorrem em extensa área nordeste do planalto, associada com os derrames da Unidade Hidroestratigráfica Serra Geral.

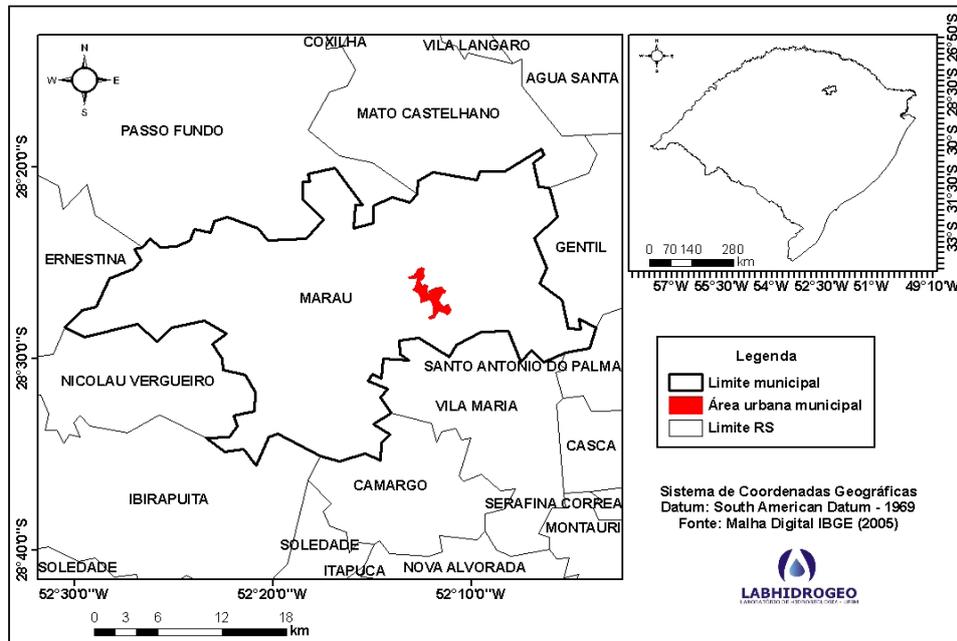


Figura 1 – Localização do município de Marau – RS.

Fonte: Adaptado de IBGE (2005).

## 2.2 Obtenção dos dados

Os dados utilizados nessa pesquisa foram obtidos na base do SIAGAS (<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>), mantido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), do Serviço Geológico do Brasil. Foram obtidas informações relativas as coordenadas no sistema UTM (*Universal Transversa de Mercator*), cota da “boca do poço”, nível estático e os perfis geológicos de 115 poços tubulares disponíveis.

## 2.3 Determinação da vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação

Para a determinação da vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, foi utilizado o sistema GOD (FOSTER et al., 2006). Esse sistema utiliza as informações de três parâmetros GOD. Sendo assim, a vulnerabilidade é obtida a partir do produto entre as variáveis GOD. Os resultados do índice de vulnerabilidade são classificados como: insignificante (valores entre 0 e 0,1), baixa (0,1 a 0,3), média (0,3 a 0,5), alta (0,5 a 0,7) e extrema (0,7 a 1).

Para espacialização das informações, foi utilizado o interpolador IDW (*Inverse Distance Weighting*) (LANDIM, 2000), com auxílio dos *Softwares ArcGIS 10.1* e *Surfer 8* (GOLDEN SOFTWARE, 2004; LANDIM et al., 2002). O *Datum* horizontal adotado para as espacializações foi o *South American Datum 1969* (SAD 69), sendo o mesmo adotado pelo SIAGAS/CPRM, e *Datum* vertical o Porto de Imbituba – SC.

A Figura 2 ilustra um exemplo de aplicação do sistema GOD (FOSTER et al., 2006) e a SP em um poço localizado no município de Marau-RS.

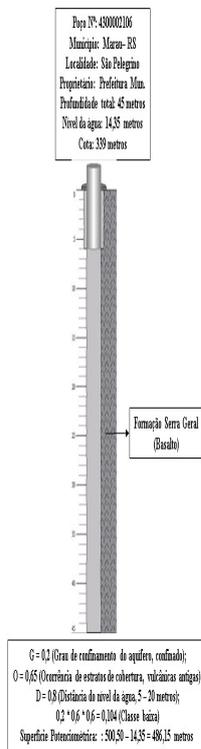


Figura 2 – Exemplo de aplicação do sistema GOD (FOSTER et al., 2006) e SP em Marau – RS.

Fonte: Adaptado de SIAGAS (2015) e Foster et al. (2006).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do uso do sistema GOD (FOSTER et al., 2006), foi possível determinar a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação no município de Marau-RS, ilustrada na Figura 3. Assim, a vulnerabilidade variou de insignificante a alta, com destaque as classes insignificante e baixa com as maiores proporções na área. O predomínio dessas menores classes, dá-se principalmente pelas formações geológicas (FmSG), com rochas basálticas e seus produtos de intemperização, na constituição. Isso, na maioria das vezes proporciona uma maior proteção do meio subterrâneo, com aquífero confinado e níveis profundos de água.

Dentre os diversos estudos realizados nessas áreas, destaca-se os de Fernandes et al. (2015a; 2015b) em Taquaruçu do Sul – RS e Boa vista das Missões – RS, respectivamente, Borba et al. (2015a; 2015b) em Frederico Westphalen – RS e na Bacia Hidrográfica do Rio Passo Fundo – RS, respectivamente, Reginatto e Ahlert (2013) na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari/Antas, região nordeste do RS, e Silvério da Silva et al. (2013) em Erechim – RS. Em ambos os estudos citados, ocorreram um predomínio das menores classes de vulnerabilidade (insignificante a média). Assim, pode-se observar que o aquífero possui características homogêneas na maior parte de sua extensão.

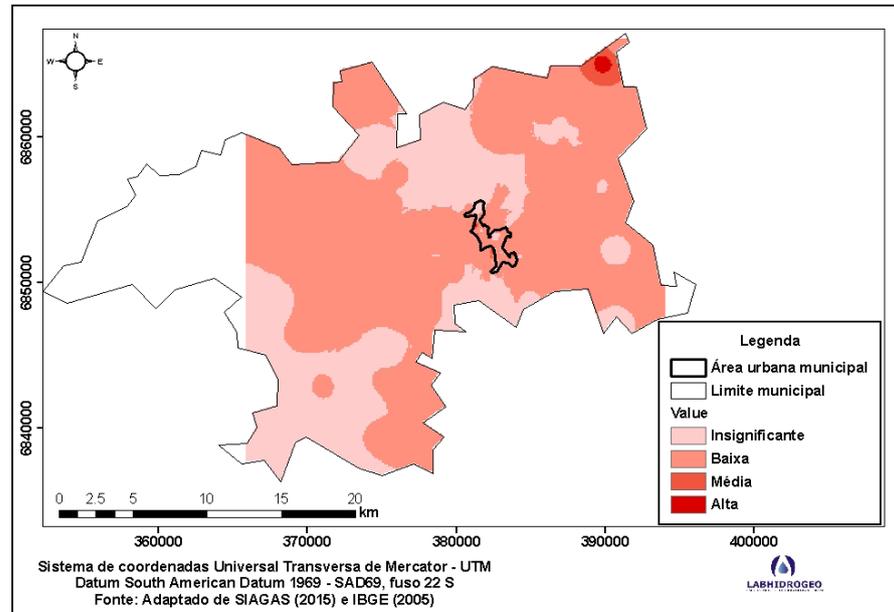


Figura 3 – Vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação em Marau – RS.

Fonte: Adaptado de Foster et al. (2006) e SIAGAS (2015).

Em relação a SP, os valores estão ilustrados na Figura 4. Como pode ser observado, os valores variaram de 34,69 a 735,62 m. Heath (1982) diz que a SP, nada mais é do que uma superfície que representa a carga total em um aquífero, ou seja, ela representa a altura acima do *datum* a qual o nível da água se encontra.

Nesse sentido, os menores valores de SP indicam as zonas de descarga já os maiores indicam as zonas de recarga do aquífero (MONTEIRO, 2003). Assim, na área de estudo, é possível identificar que as zonas de recarga (maiores valores) estão localizadas próximas a zona urbana, podendo ocasionar problemas relacionados a dispersão dos poluentes ao longo do perfil do solo e posterior contaminação do aquífero. Pode-se observar também que as áreas de recarga e descarga, estão localizadas nas classes de vulnerabilidade insignificante e baixa, principalmente.

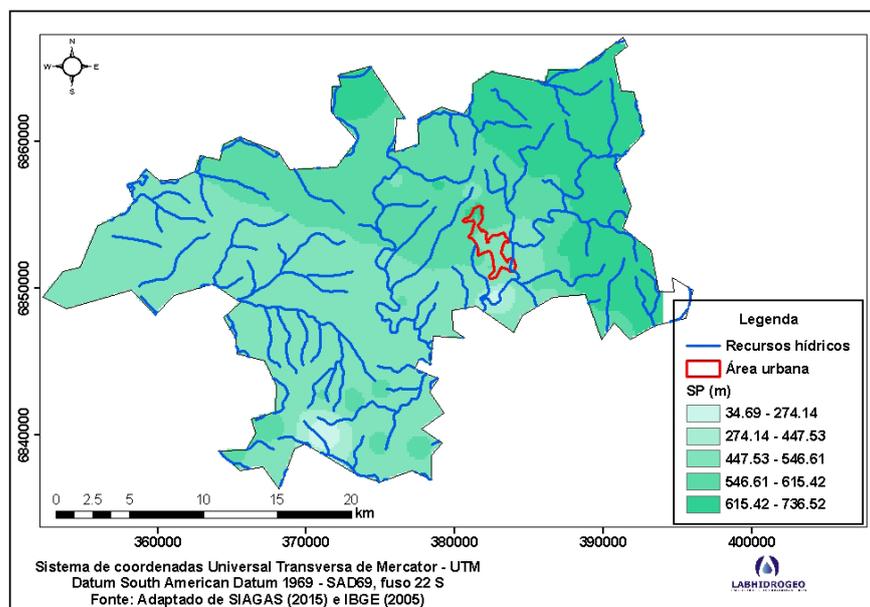


Figura 4 – Variação da superfície potenciométrica em Marau – RS.

Fonte: Adaptado de SIAGAS (2015).

## 4 | CONCLUSÃO

O uso do sistema GOD (FOSTER et al., 2006) mostrou-se eficiente para a determinação da vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação no município de Marau-RS. Foi possível identificar que a área apresenta boas condições naturais de proteção do meio subterrâneo. Esse fato pode-se dar em decorrência do nível estático estar em grande profundidade, da condição confinante do aquífero proporcionado pela FmSG e seus produtos de intemperização. Indica-se a realização de demais estudos hidrogeológicos visando aprimorar os resultados obtidos nesse estudo, elencando as áreas mais apropriadas para a alocação de atividades causadoras de impacto ambiental.

## AGRADECIMENTOS

O segundo autor agradece a CAPES/CNPq pelo apoio financeiro através da bolsa de pós-graduação do PPGEAmb/UFSM.

## REFERÊNCIAS

ALLER, L. et al. A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeologic settings. **Environmental Protection Agency**, Chicago, 58 p. 1987.

BORBA, W. F. et al. Avaliação da vulnerabilidade intrínseca à contaminação do aquífero na região norte do estado do Rio Grande do Sul. In: XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS,

2015, Brasília. **Anais...** Brasília: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015.

BORBA, W. F. et al. Determinação da vulnerabilidade natural à contaminação do aquífero serra geral em Frederico Westphalen-RS. In: XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2015, Brasília. **Anais...** Brasília: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (Brasília, DF). **Mapa Geológico do Rio Grande do Sul**. Brasília, 2007. 1 mapa. Escala: 1:750.000.

FERNANDES, G. D. A. et al. Estimativa da vulnerabilidade natural à contaminação do Aquífero Serra Geral em Boa Vista das Missões-RS. In: 15º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 2015, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Associação Brasileira de Geologia e Engenharia Ambiental, 2015.

FERNANDES, G. D. A. et. Al. Determinação da vulnerabilidade natural à contaminação do aquífero e Superfície Potenciométrica em Taquaruçu do Sul - RS. In: 15º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 2015, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Associação Brasileira de Geologia e Engenharia Ambiental, 2015.

FOSTER, S. et al. Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agencias ambientais. **Groundwater Management Advisory**, Washington, 114 p. 2006.

GOLDEN SOFTWARE. Surfer 8: User's guide. **Golden Software**, Colorado, 640 p. 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasília – DF). **Mapeamento Topográfico**. 2005. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default\\_prod.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm)>. Acesso em: 14 nov. 2014.

LANDIM, P. M. B. **Introdução aos métodos de estimativa espacial para confecção de mapas**. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 02, 20 pp. 2000. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em: 12 nov. 2014.

LANDIM, P. M. B.; MONTEIRO, R. C.; CORSI, A. C. **Introdução a confecção de mapas pelo software SURFER**. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 08, 21 pp. 2002. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em: 12 novembro 2014.

MACHADO, J. L. F.; FREITAS, M. A. **Projeto mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul**: relatório final. Porto Alegre: CPRM, 2005. Escala 1:750.000.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARAU – RS. **Pesquisa Geral**. Disponível em: <<http://www.pmmarau.com.br/marau/11/historia>>. Acesso em: 07 dezembro 2014.

PERALTA, E. A.; FRANCES, A. L.; RIBEIRO, L. F. Avaliação da vulnerabilidade do Sistema Aquífero dos Gabros de Beja e análise crítica das redes de monitorização no contexto da directiva quadro da água. In: VII SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 2005, Évora. **Anais...** Évora: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.

REGINATO, P. A. R.; AHLERT, S. Vulnerabilidade do Sistema Aquífero Serra Geral na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 27, p. 32–46, 2013.

RIBEIRO, K. D.; MENEZES, S. M.; MESQUITA, M. G. B. F. et al. Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1167-1175, 2007.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Mapa das Bacias**

**Hidrográficas e Municípios do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 2004. Escalas variam.

SILVA, J. L. S da; DESCOVI FILHO, L. L. V.; LORENSI, R. P. et al. Vulnerabilidade do Aquífero Serra Geral à contaminação no município de Erechim - Rio Grande Do Sul - Brasil. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 35, p. 10-23, 2013.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. **Pesquisa Geral**. Disponível em: <[http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa\\_complexa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php)>. Acesso em: 14 nov. 2014.

## VULNERABILIDADE NATURAL DO AQUÍFERO À CONTAMINAÇÃO NO MUNICÍPIO DE ELDORADO DO SUL-RS

### **Gabriel D'Avila Fernandes**

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Geociências, Santa Maria – RS.

### **Willian Fernando de Borba**

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Geociências, Santa Maria – RS.

### **José Luiz Silvério da Silva**

Universidade Federal de Santa Maria,  
Departamento de Geociências, Santa Maria – RS.

### **Gustavo Rinaldo Scaburi**

Universidade do Alto Vale do Rio do Peixe,  
Campus Fraiburgo - SC

### **Pedro Daniel da Cunha Kemerich**

Universidade Federal do Pampa, Engenharia  
Ambiental e Sanitária, Caçapava do Sul - RS

### **Éricklis Edson Boito de Souza**

Universidade Federal de Santa Maria, CESNORS,  
Campus de Frederico Westphalen – RS.

### **Jennyfer Selong Redel**

Universidade Federal de Santa Maria, CESNORS,  
Campus de Frederico Westphalen – RS.

**RESUMO:** A utilização da água subterrânea vem sendo cada vez mais constante pelo fato dos mananciais superficiais não estarem suprindo as necessidades para determinados usos, o uso desenfreado desses recursos podem vir a trazer diversos problemas ao meio ambiente, como a contaminação do aquífero. Sendo assim o presente trabalho tem por objetivo

estimar a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação no município de Eldorado do Sul-RS. Para a aplicação do sistema GOD foram obtidas informações do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. O município apresentou um predomínio das classes de vulnerabilidade baixa e média, e em uma pequena porção do município as classes insignificante e alta. Diante dos resultados apresentados, ficam limitadas o uso de atividades potencialmente poluidoras na superfície, pois em áreas de média e alta vulnerabilidade o aquífero fica exposto aos contaminantes, sendo assim é prudente que sejam realizados estudos mais aprofundados antes da instalação de determinados tipos de empreendimentos movidos pela ação antrópica. **PALAVRAS-CHAVE:** Contaminação da água subterrânea, GOD, Meio ambiente.

### NATURAL VULNERABILITY OF THE AQUIFER TO THECONTAMINATION IN THE MUNICIPALITY OF SOUTH RS OF ELDORADO-RS

**ABSTRACT:** The use of groundwater is becoming more constant because the surface waters are not meeting the needs for certain uses, the unbridled use of these resources may come to bring many problems to the environment, such as the contamination of

the aquifer. Therefore the present study aims to estimate the natural vulnerability of the aquifer to contamination in the city of Eldorado do Sul-RS. For the GOD system application, information was obtained from the Groundwater Information System. The city presented a predominance of low vulnerability and middle classes, and a small portion of the municipality insignificant and upper classes. In the face of the results, shall be limited the use of potentially polluting activities on the surface, because average and highly vulnerable areas the aquifer is exposed to contaminants, so it is prudent that further studies be carried out before the installation of certain types of powered ventures by anthropic action.

**KEYWORDS:** Groundwater contamination, GOD, Environment.

## 1 | INTRODUÇÃO

O consumo demasiado das águas superficiais tanto para abastecimento humano quanto para os demais usos, vem acarretando alguns problemas como a contaminação desses mananciais causando escassez deste recurso. Diante disso a água subterrânea pode ser uma alternativa para que sejam supridos os diversos usos, sendo que seu uso de modo desenfreado pode vir a causar sérios problemas ambientais (BORBA et al., 2016).

A condição do aquífero é um fator determinante para que seja garantida sua proteção, podendo ele ser confinado, ou seja, estando sob pressão. Visto que a pressão atmosférica é menor do que a pressão da água em seu topo, também sendo chamada de condição artesianas, e aquífero livre ou não-confinado, este apresenta seu limite superior na superfície de saturação, onde todos os pontos encontram-se à pressão atmosférica (MANOEL FILHO, 2008).

Diante disso, atividades antrópicas realizadas na superfície podem vir a acarretar diversos danos, como o transporte de contaminantes que podem atingir o aquífero. Sendo que esses problemas podem comprometer a qualidade do aquífero que pode ser utilizado para abastecimento, surgiram metodologias que visam à sua proteção.

Os autores Foster et al. (2002; 2006), criaram o sistema GOD (*Groundwater hydraulic confinement, Overling strata, Deth to groundwater table – unconfined – our strike – confined*), que visa estimar a vulnerabilidade natural do aquífero a contaminação, levando em conta o grau de confinamento do aquífero, a ocorrência da cobertura do solo e o nível da água. Sendo assim este estudo tem por objetivo estimar a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação no município de Eldorado do Sul-RS.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área de estudo

O município de Eldorado do Sul-RS, conta com uma população de 34.343 habitantes e área de unidade territorial de 509,726 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010), pertencente a Região Hidrográfica do Lago Guaíba (G) SEMA (2004). Seus limites municipais estão entre os municípios de Porto Alegre, Charqueadas, Triunfo, Arroio dos Ratos, Mariana Pimentel e Guaíba, conforme ilustra a Figura 1 (IBGE, 2005).

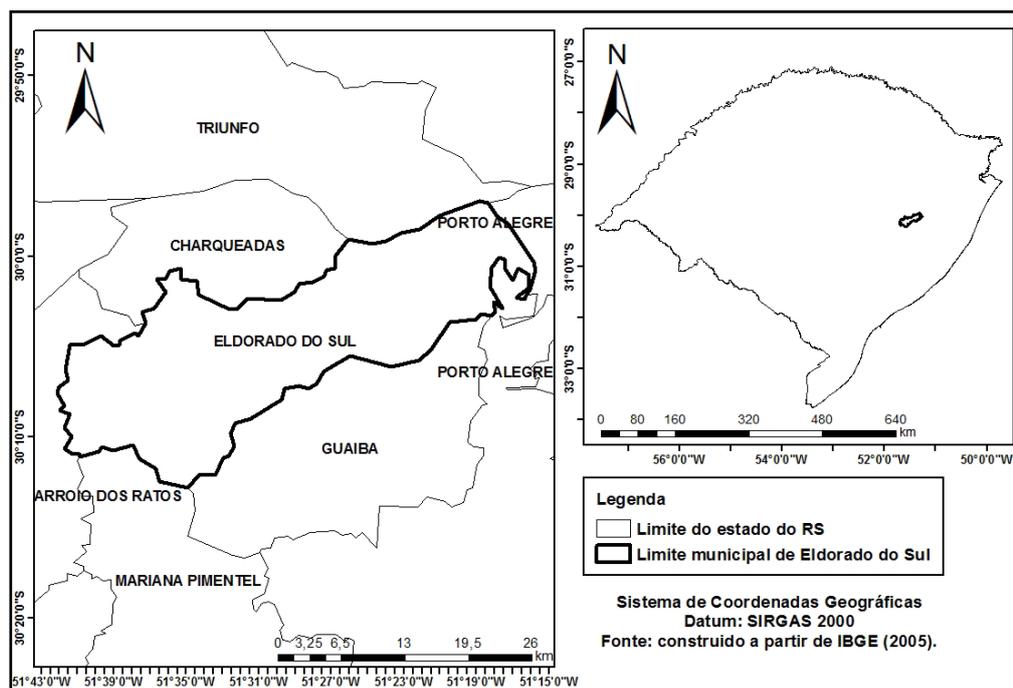


Figura 1. Localização do município de Eldorado do Sul- RS.

A geologia apresentada na região de estudo, segundo CPRM (2006), está caracterizada pela Formação Rio Bonito, Serra do Eral, Arroio dos Ratos, Depósitos Colúvios Aluviais, Depósitos Aluviais, Depósitos de barreira holocênica-Depósitos de planície lagunar, Depósitos de barreira holocênica-Depósitos deltaicos, Depósitos de barreira holocênica-turfeiras e Depósitos de barreira pleistocênica 3-Depósitos planície laguna.

A hidrogeologia está representada no município estudado pelo Sistema Aquífero Palermo Rio Bonito, Sistema Aquífero Sedimentos Deltaicos, Sistema Aquífero Embasamento Cristalino III e Sistema Aquífero Quaternário Costeiro II (MACHADO e FREITAS, 2005).

### 2.2 Obtenção das informações

Os dados de nível estático, condição do aquífero e as características litológicas utilizados na aplicação do sistema GOD (Foster et al., 2002; 2006), foram obtidos a

partir da base de informações do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), mantido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) do Sistema Geológico do Brasil, através do endereço: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Foram utilizadas as informações de coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*) e o Sistema de Coordenadas Geográficas. Sendo assim utilizou-se informações de 90 poços cadastrados no SIAGAS, para os municípios de Barra do Ribeiro, Eldorado do Sul, Guaíba, Mariana Pimentel e Triunfo e para que posteriormente fosse possível ser realizada a interpolação desses dados.

### **2.3 Estimativa da vulnerabilidade a partir do sistema GOD Foster et al. (2002; 2006)**

Para a aplicação do sistema GOD (Foster et al., 2002; 2006), foram levados em consideração os parâmetros (G) grau de confinamento da água subterrânea, (O) ocorrência de estratos de superfície e (D) distância até no nível freático.

As classes de vulnerabilidade são obtidas a partir do produto dos parâmetros G, O, D, sendo a vulnerabilidade classificada como insignificante com valores entre 0 e 0,1, baixa com valores entre 0,1 e 0,3, média com valores entre 0,3 e 0,5, alta com valores entre 0,5 e 0,7 e extrema com valores entre 0,7 e 1. Para que essa classificação fosse realizada, os valores obtidos para o sistema GOD (Foster et al., 2002; 2003), foram interpolados através da ferramenta *Inverse Distance Weighted* (IDW) disponível no Sistema de Informação Geográfica (SIG).

## **3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Como pode ser observado na Figura 2, com a aplicação do sistema GOD (Foster et al., 2002; 2006), o município de Eldorado do Sul-RS apresentou um predomínio das classes baixa e média vulnerabilidade, e em uma pequena porção do município as classes insignificante e alta.

Os autores Löbler et al. (2013), encontraram para o município de Restinga Seca RS, um predomínio das classes insignificante e baixa, salientando o fato do aquífero estar protegido por camadas argilosas impermeáveis que predominam no município. Diferentemente, no município de Eldorado do Sul o predomínio é de camadas arenosas permeáveis, facilitando o transporte de contaminantes para que atinjam a água subterrânea.

Ericksson (2015), observou em seus estudos no município de Guaíba-RS, que divide seus limites com a área de estudo, uma geologia caracterizada por camadas argilosas, argilo-arenosas e arenosas, sendo que essas características dependendo da relação estratigráfica podem caracterizar o aquífero como livre, estando assim vulnerável a contaminação.

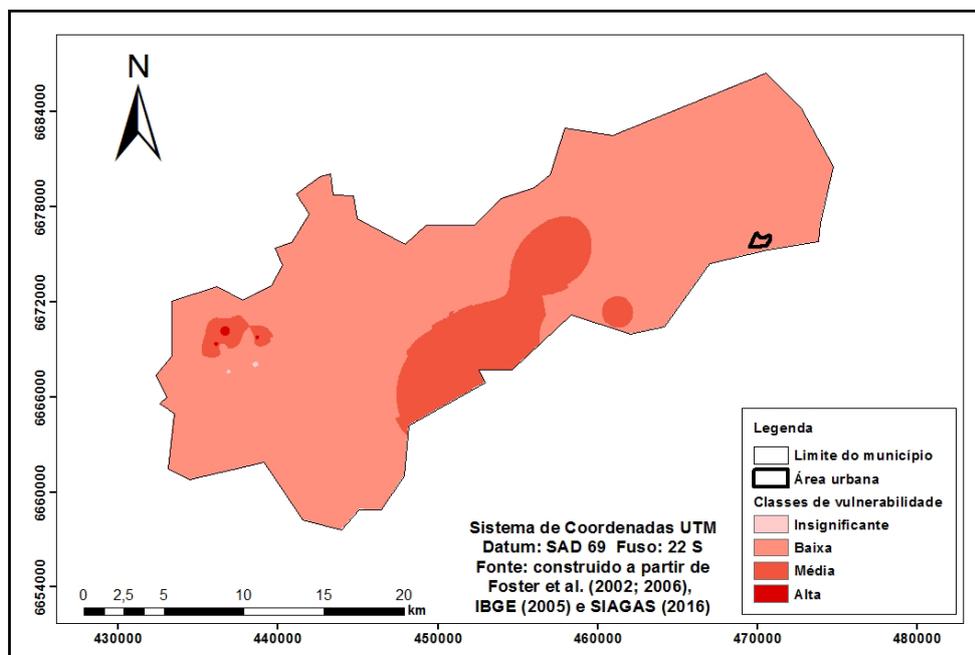


Figura 2. Vulnerabilidade natural à contaminação do aquífero no município de Eldorado do Sul-RS.

Fernandes et al. (2016), encontraram em seus estudos no município de Marau-RS, um predomínio das classes de vulnerabilidade insignificante e média, pois isso pode ser justificado pelo fato da região apresentar como características, rochas basálticas e seus produtos de intemperização, o que proporciona uma maior proteção do aquífero por ele estar confinado, neste caso estando protegido por camadas rochosas, com níveis da água profundos.

#### 4 | CONCLUSÃO

O método GOD (Foster et al., 2002; 2006), mostrou-se uma importante ferramenta para a avaliação da vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação. Diante dos resultados apresentados, ficam limitadas o uso de atividades potencialmente poluidoras na superfície, pois em áreas de média e alta vulnerabilidade o aquífero fica exposto aos contaminantes, sendo assim é prudente que sejam realizados estudos mais aprofundados antes da instalação de determinados tipos de empreendimentos movidos pela ação antrópica.

#### 5 | AGRADECIMENTOS

A CAPES/FAPERGS pela concessão de bolsas de auxílio financeiro ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

- BORBA, W. F.; FERNANDES, G. D. A.; TERRA, L. G.; LOBLER, C. A.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L. Assessment of the intrinsic vulnerability to contamination of the aquifer in river basin Passo Fundo of Rio Grande do Sul. Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ. Impresso), v. 39, n. 2., p. 145-154, 2016.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. 2006. Mapa Geológico do Rio Grande do Sul, escala 1:750.000. Brasília: CPRM/SIAGAS, 2006.
- FERNANDES, G. D. A.; BORBA, W. F.; LASTA, L.; LOBLER, C. A.; SILVÉRIO DA SILVA, J. L. Uso do sistema GOD para determinação da vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação em Marau - RS. In: 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 2016, Bento Gonçalves - RS. Anais Vº Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 2016.
- ERICKSSON, M. S. Caracterização Hidrogeológica do Município de Guaíba. 2015. 74f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.
- FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. Groundwater quality protection: a guide for water utilities, municipal authorities, and environment agencies. 1. ed. [s.l.] Washington, DC: World Bank, 2002. 114p.
- FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Washington, DC: World Bank, 2006. 114p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Cidades. 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=430676>> Acesso em: 09 Jun. 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Malha Municipal Digital do Brasil: 2005 (escala 1:500.000). Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2005. Disponível em:<[ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas/malhas\\_digitais/municipio\\_2005/E1000/Proj\\_Geografica/Arc\\_View\\_shp/Regiao/Sul/](ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas/malhas_digitais/municipio_2005/E1000/Proj_Geografica/Arc_View_shp/Regiao/Sul/)>. Acesso em: 20 Mai. 2015.
- LÖBLER, C. A.; SILVÉRIO DA SILVA, JOSE LUIZ ; MARTELLI, GUILHERME VIANA ; ERTEL, T. . Pontos Potenciais de Contaminação e Vulnerabilidade Natural das Águas Subterrâneas do Município de Restinga Seca - RS. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 06, p. 500-509, 2013.
- MANOEL FILHO, J. Ocorrência das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C. DEMETRIO, J. G. A. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 3 ed. Rio de Janeiro: CPRM/LABHIDRO, 2008. 812p. cap.2.1
- MACHADO, J. L. F.; FREITAS, M. A. Projeto mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul: escala 1:750.000, relatório final. Porto Alegre: CPRM, 2005.
- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – SEMA. Mapa das Bacias Hidrográficas e Municípios do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: SEMA, 2004.
- SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – SIAGAS/ COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. Pesquisa geral. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>>. Acesso em: 01 Jun. 2016.

## UTILIZAÇÃO DA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA (LPA) NO CONTROLE DE BOMBAS DE SANGUE DE FLUXO CONTÍNUO

### **Gabriel Furlan**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
São Paulo – SP

### **Tarcisio Fernandes Leão**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo; Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia de São Paulo  
São Paulo – SP

### **José William Rodrigues Pereira**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
São Paulo – SP

### **Victor Freitas Souto**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
São Paulo – SP

### **Eduardo Guy Perpétuo Bock**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
São Paulo – SP

**RESUMO:** Os Dispositivos de Assistência Ventricular (DAVs) são equipamentos eletrônicos destinados a fornecer auxílio a sistemas cardiovasculares debilitados por enfermidades ou condições especiais, geralmente utilizados em indivíduos com insuficiência cardíaca. Os mais sofisticados modelos encontram-se atualmente em sua

terceira geração constituídos por bombas de sangue centrífugas (BSC) regidas por um controlador. Com o aumento de exigência no desempenho e na compatibilidade do dispositivo com a biologia do sistema cardíaco do usuário, foi criado um projeto de controle inteligente de bombas de sangue rotativas através da lógica paraconsistente anotada (LPA), estrutura matemática utilizada para resolver casos de inconsistência de dados. Usuários de IC, possuem inúmeras limitações no seu cotidiano, em casos mais graves deste quadro clínico, onde a mobilidade e vivência do paciente é extremamente reduzida, os DAVs mostram-se como alternativas para compensação do fluxo sanguíneo para esses pacientes. A regulação desse sistema é de grande importância para seu funcionamento e a LPA apresenta-se como uma promissora alternativa para o controle desse circuito. O tratamento de dados dessa lógica analisa simultaneamente dados como frequência cardíaca, pressão arterial e nível de atividade física, procurando consistências e inconsistências para gerar um comando de saída que corrija e adapte o fluxo sanguíneo frente às circunstâncias medidas em seus parâmetros, a manutenção do fluxo é efetuada através do controle da velocidade de rotação da bomba.

**PALAVRAS-CHAVE:** lógica paraconsistente, lógica não clássica, bomba de sangue,

insuficiência cardíaca.

**ABSTRACT:** Ventricular Assist Devices (VADs) are electronic devices designed to provide assistance to cardiovascular systems weakened by illnesses or special conditions, often used in individuals with heart failure. The most sophisticated models are currently in their third generation consisting of centrifugal blood pumps (CBP) governed by a controller. With the increasing demands on the performance and compatibility of the device with the biology of the cardiac system of the user, a project of intelligent control of rotating blood pumps was created through the paraconsistent annotated logic (PAL), mathematical structure used to solve cases of data inconsistency. IC users have numerous limitations in their daily lives, in more severe cases of this clinical situation, where the mobility and experience of the patient is extremely reduced, the VADs are shown as alternatives to compensate the blood flow for these patients. The regulation of this system is of great importance for its operation and the PAL is presented as a promising alternative for the control of this circuit. The data treatment of this logic simultaneously analyzes data such as heart rate, blood pressure and physical activity level, looking for consistencies and inconsistencies to generate an output command that corrects and adapts the blood flow against the circumstances measured in its parameters, the maintenance of the flow is performed by controlling the speed of rotation of the pump.

**KEYWORDS:** paraconsistent logic, non classical logic, blood pump, heart failure.

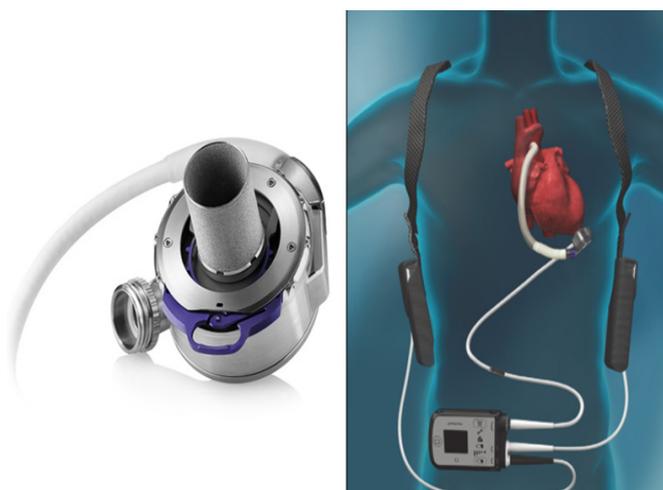
## 1 | INTRODUÇÃO

Os dispositivos de assistência ventricular, já são uma realidade e uma promissora alternativa no tratamento de portadores de IC (insuficiência cardíaca), alguns dos modelos mais conhecidos são: O impella 2.5<sup>®</sup>, Heartmate 2<sup>®</sup> e o Heartmate 3<sup>®</sup>. Os DAVs são compostos por 3 partes principais: o dispositivo, o controlador e as baterias, sendo o dispositivo instalado internamente no usuário e o restante, aparelhos externos conectados ao indivíduo. Cada uma dessas partes possui suas dificuldades de implementação, o dispositivo, por exemplo, deve possuir uma arquitetura e materiais que não causem a formação de trombos em sua estrutura, porém o objetivo deste trabalho foca-se no aprimoramento do controlador, garantindo uma dinâmica de fluxo compatível com a atividade sendo realizada pelo usuário.

Para tal aplicação foi estudada a Lógica Paraconsistente Anotada, um modelo de lógica não clássica que derroga um dos pilares fundamentais da lógica clássica: o Princípio da Não-Contradição. Esta característica confere à LPA a possibilidade de determinar uma sentença e sua negação, ambas como verdadeiras e através de sua análise, determinar situações ainda como falsas, inconsistentes ou indeterminadas.



Dispositivo HeartMate II ®



Dispositivo HeartMate 3 ®

## 2 | RELEVÂNCIA DO TRABALHO

O nome referência no estudo desta lógica em especial é do Dr. Newton Carneiro Affonso da Costa, formado pela Universidade Federal do Paraná, lecionou como professor titular na UFPR, USP e UNICAMP nos campos da matemática e filosofia. A formulação de sua lógica não clássica vem ganhando espaço no meio científico, onde são estudadas suas aplicações e apresentando-se como uma inovadora alternativa na área de controle de sistemas.

A lógica já foi apresentada em eventos como o Congresso Mundial sobre Paraconsistência que ocorreu na Bélgica em 1997, São Paulo em 2000 e em *Toulouse* realizado em julho de 2003. Também mais recentemente em 2016, durante o *Trends In Logic XVI – Studia Logica International Conference (XVI Conferência Internacional de Lógica*, sob o tema: *Tendências da Lógica*, realizado no Brasil. O evento ocorreu no Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência (CLE) da Universidade Estadual de Campinas.

### 3 | A LÓGICA MATEMÁTICA

O conceito de lógica pode ser apresentado como sendo “o estudo das leis que definem raciocínios válidos”, na lógica clássica existem 4 pilares que definem um raciocínio válido no meio matemático:

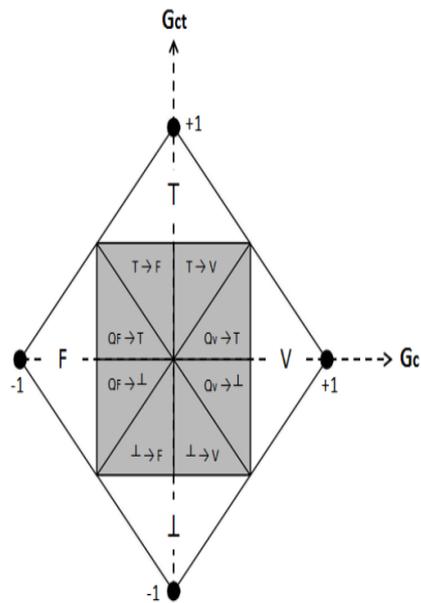
- 1 – Princípio da Identidade
- (Toda proposição é idêntica a si mesma)
- 2 – Princípio da Identidade Proposicional
- (Toda proposição implica ela mesma)
- 3 – Princípio do Terceiro Excluído
- (De duas proposições contraditórias, uma nega a outra e uma delas é verdadeira)
- 4 – Princípio da Não-Contradição
- (Entre duas proposições contraditórias, uma delas é falsa)

A lógica clássica é binária, categorizando a informação recebida pelo sistema como “verdadeiro” ou “falso”, pelas rigorosas leis binárias da Lógica Clássica não é possível realizar a automatização de um processo onde há problemas que compreendem situações não consideradas na sua fundamentação, para tais casos foram desenvolvidas as chamadas Lógicas Não Clássicas, as quais justamente rompem com as suposições binárias que não admitem contradições, indefinições e ambiguidades. Essas lógicas, admitem o conceito de dualidade, onde duas informações adquiridas, ainda que opostas, não necessariamente são verdadeiras ou falsas, mas ambas devem coexistir para que seja feito um processamento adequado e melhor tomada de decisão.

### 4 | A LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA

A LPA é uma estrutura lógica que derroga o quarto pilar da lógica matemática: o Princípio da Não-Contradição, ou seja, através dela é possível afirmar-se que duas proposições contraditórias podem ser ambas verdadeiras.

Para obter-se uma resposta, a LPA analisa proposições, as quais são acompanhadas de anotações. Essas anotações geram valores que serão utilizados no seguinte diagrama:



Reticulado Representativo da LPA

Este diagrama se baseia em dois eixos: no eixo das abcissas o valor a ser definido é chamado de Grau de Certeza ( $G_c$ ) e no eixo das ordenadas temos o Grau de Contradição ( $G_{ct}$ ). Esses graus representam respectivamente os graus de certeza e contradição da proposição analisada, mas para se gerar estes valores é necessário o que chamamos de Especialistas.

Os Especialistas são os analistas de dados do sistema, no caso do sistema de controle estudado existem dois especialistas. São eles:  $\mu$  (Grau de evidência favorável) e  $\lambda$  (Grau de evidência desfavorável). Por isso este modelo de LPA é também conhecido como Lógica Paraconsistente Anotada com Anotação de 2 Valores (LPA2v), pois utiliza-se de dois valores para análise da situação.

Para exemplificar a dinâmica entre estes dois elementos, imaginemos uma sala, com dois indivíduos (A e B) dispostos em locais diferentes observando uma porta entreaberta e a proposição a ser analisada é “a porta está aberta”. Por estar em uma posição intermediária, não é possível definir o estado da porta como fechada ou aberta, porém é possível dizer quanto, em porcentagem, esta encontra-se aberta. Digamos que o Especialista A, defina o estado da porta como 30% aberta, enquanto o Especialista B define a porta como estando 40% fechada, existe uma contradição de dados neste caso, proveniente da diferença de perspectiva entre os dois Especialistas, é aqui que a LPA se torna efetiva.

De acordo com a lógica convencional, o caso de contradição acima geraria uma incoerência, para corrigi-la casos como esse devem ser previstos e respostas devem ser pré-definidas para cada um deles, todavia se estes casos não forem previstos, o sistema gera erros ou ainda pode sofrer com travamentos. Porém utilizando-se a LPA todos os casos de inconsistência de dados são considerados e o sistema gera respostas automaticamente para tratar estes casos em específico.

Voltando para a definição de estado no gráfico, o sistema possui 4 extremidades

principais: Verdadeiro, Falso, Inconsistente e Indeterminado, as outras oito regiões referem-se a posições intermediárias como:  $T \rightarrow F$  (Inconsistente tendendo a Falso) e  $QF \rightarrow T$  (Quase Falso tendendo a Inconsistente). Um ponto é gerado no gráfico a partir dos graus de Certeza e Contradição, e a resposta do sistema é determinada conforme a área em que o ponto se encontrar.

Baseado na dinâmica dos graus de Evidência Favorável e Desfavorável exemplificados anteriormente e entendendo-se o seu valor, estes são utilizados para calcular o Grau de Certeza e Grau de Contradição presentes no Reticulado Representativo da Lógica Paraconsistente:

$$Gc = \mu - \lambda$$

$$Gct = \mu + \lambda - 1$$

## 5 | AJUSTANDO PARÂMETROS DOS ESPECIALISTAS

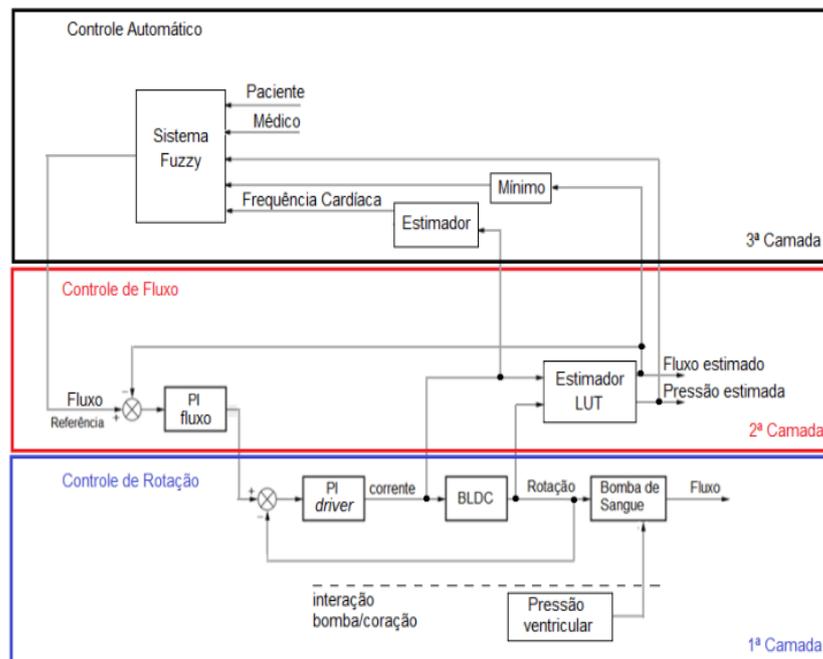
O sistema interno do controlador, analisará isoladamente dois pares distintos de Especialistas: a PAM (Pressão Arterial Média) e FC (Frequência Cardíaca em par com o NAF (Nível de Atividade Física), ambos serão respectivamente o Grau de Evidência Favorável ( $\mu$ ) e Grau de Evidência Desfavorável ( $\lambda$ ). A Pressão será medida pelo dispositivo, e analisará a situação do usuário com base em uma medida padrão da pressão arterial média que está contida em uma faixa de 80 a 100 mmHg, a FC dentro de uma faixa de 80 a 110bpm, enquanto o NAF para ambos os casos possui uma escala de 0 a 10, onde 0 representa um nível de atividade mínimo, como dormir, e 10 um nível de atividade máximo, no limite de esforço do indivíduo.

Indivíduos com IC possuem diversas limitações e suas condições variam em escala, em casos mais graves, o indivíduo tem dificuldades de locomoção e problemas de hipertensão, apresentando um alto risco de vida, por isso é interessante que um DAV possa normalizar o cotidiano deste usuários ao nível de um cidadão comum, porém os DAVs não são substitutos para o músculo cardíaco, mas sim compensadores na regulação do fluxo sanguíneo. O dispositivo possui predominantemente 3 camadas distintas de funcionamento, sendo a camada de implementação da LPA o controle automático (3ª camada) acima do controle de rotação e controle de fluxo. O bloco de controle anteriormente preenchido pela lógica *Fuzzy*, é substituído agora pela lógica paraconsistente, que promete efetuar um tratamento mais adequado de seus parâmetros de entrada.

O sistema se ajusta automaticamente para regular os níveis de fluxo do usuário ao seu valor mais adequado, porém os valores mais adequados de pressão arterial, frequência cardíaca e fluxo sanguíneo para cada indivíduo, divergem para cada paciente, portanto o equipamento deve ser adaptado para atender as necessidades específicas de seu portador, justificando assim a existência de uma entrada para ajuste

do paciente e ajuste de um profissional de saúde capacitado.

O primeiro ajuste se refere a um equipamento de controle para o paciente, contendo um regulador de intensidade física, ou seja, um dispositivo que informe ao sistema, o nível de atividade física sendo realizado naquele instante. Posteriormente este controle pode vir a ser automatizado, mas por hora a entrada manual é o método mais eficiente, preciso e barato para o ajuste deste parâmetro denominado NAF (nível de atividade física).



Controle Geral do DAV

O segundo fator de entrada para o ajuste individual são parâmetros inseridos pelo próprio médico, que descrevem a situação do paciente. Estes parâmetros serão codificados e considerados para regular os níveis adequados de PAM (pressão arterial) e FC (frequência cardíaca) do paciente em questão. No entanto, para a adequação dos valores de PAM, FC e NAF aos limites do reticulado representativo da lógica paraconsistente, estes valores foram normatizados conforme as tabelas abaixo.

PAM	$\mu_{PAM}$	FC	$\mu_{FC}$	NAF	$\lambda$
80	0.0	80	0.0	0	1.0
82	0.1	83	0.1	1	0.9
84	0.2	86	0.2	2	0.8
86	0.3	89	0.3	3	0.7
88	0.4	92	0.4	4	0.6
90	0.5	95	0.5	5	0.5
92	0.6	98	0.6	6	0.4
94	0.7	101	0.7	7	0.3

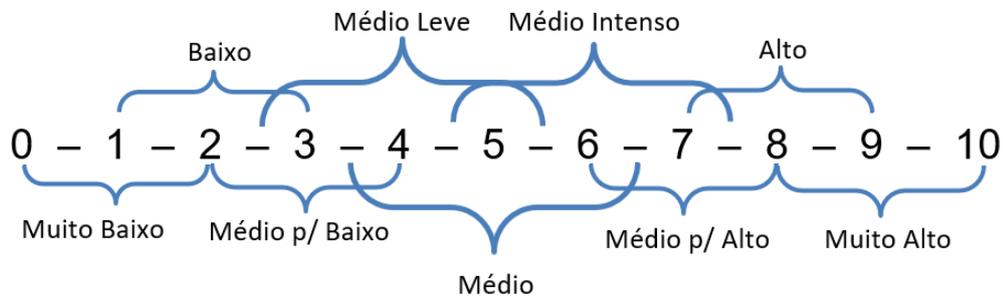
96	0.8	104	0.8	8	0.2
98	0.9	107	0.9	9	0.1
100	1.0	110	1.0	10	0.0

Tabela de Normalização

A Pressão Arterial Média foi calculada através da fórmula abaixo, onde PS e PD representam respectivamente as pressões sistólica e diastólica do sistema cardiovascular.

$$PAM = PD + (PS - PD)$$

O algoritmo de controle deve manter os níveis de PAM e FC dentro de um intervalo aceitável de acordo com o NAF do momento, partindo desta relação, foram definidos arbitrariamente 9 classes de intensidade dentro da escala de valores do NAF com objetivo de gerar regiões dentro do reticulado onde seja possível interpretar seu estado atual. Cada região engloba também uma parte da região vizinha, como uma margem de erro, o intuito principal, é criar uma região mais uniforme dentro do reticulado. Lembrando que o sistema não interpretará estes intervalos, estes são apenas meios para se estabelecer a região de aceitação do controlador.



Intervalos Pré-definidos de NAF

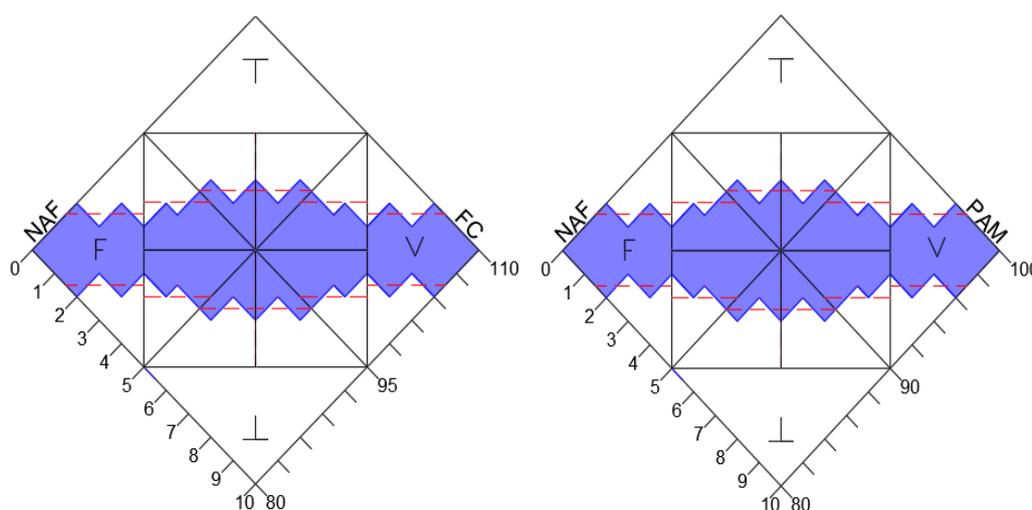
Em ambos os casos, seja PAM ou FC, é necessário determinar quais valores são seguros para o paciente em cada nível de atividade física. Neste projeto em questão os valores determinados como seguros encontram-se na tabela abaixo.

Classes de NAF	Intervalos de PAM (mmHg)	Intervalos de FC (bpm)
Muito-Baixo (0 – 2)	80 - 84	80 - 86
Baixo (1 – 3)	82 - 86	83 - 89
Baixo p/ Médio (2 – 4)	84 - 88	86 - 92
Médio Leve (2,5 – 5,5)	85 - 91	87,5 - 96,5

Médio (3,5 – 6,5)	87 - 93	90,5 – 99,5
Médio Intenso (4,5 – 6,5)	89 - 95	93,5 – 102,5
Médio p/ Alto (6 – 8)	92 - 96	98 - 104
Alto (7 – 9)	94 - 98	101 - 107
Muito Alto (8 – 10)	96 - 100	104 - 110

Intervalos Seguros para as Classes de Atividade Física

E finalmente, tem-se os dois reticulados de PAM e FC que serão utilizados no controle de fluxo.



Espaço de Aceitação dos Valores de PAM e NAF

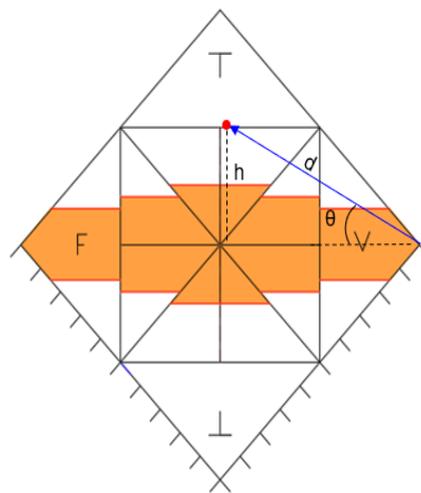
## 6 | PROGRAMA DE CONTROLE

A LPA funciona baseando-se em uma proposição inicial, neste caso a proposição definida é: “O fluxo é Alto”. Esta afirmação é coerente com os extremos do reticulado, uma vez que o extremo direito, representa valores de alta atividade e pressão, que demandam um maior fluxo (região de verdade), enquanto o extremo esquerdo representa baixa atividade e baixa pressão, que configuram um fluxo menos intenso (região de falso). Os extremos superior e inferior, mantêm-se como regiões de inconsistência, onde a pressão e nível de atividade, são completamente divergentes.

As regiões de consistências adequadas ao usuário já estão predefinidas dentro do reticulado pelas regiões em azul, conforme os pontos são gerados no diagrama a partir dos Especialistas o sistema reconhece se deve manter ou alterar o fluxo, para o bem estar do paciente, porém quanto mais distante da região azul do diagrama, mais incoerentes são os valores de PAM e NAF o que pode acarretar em risco para usuário do DAV, portanto o sistema altera o fluxo de uma forma mais acentuada, diferentemente de um ponto gerado próximo à região azul, onde se é somente necessário um pequeno ajuste.

Para que haja este ajuste inteligente, observa-se que a região de valores adequada em todas as secções do reticulado sempre se aproximam do eixo das abcissas, baseado nisto foi desenvolvido a criação de vetores por meio do sistema, com origem no ponto de extremo direito, estes vetores serão criados a partir deste ponto e serão utilizados para o controle direto do fluxo, respeitando os limites no Reticulado de Controle Final, com sua área de aceitação já linearizada.

O ponto vermelho no diagrama representa um ponto gerado a partir de dados genéricos dos Especialistas, o vetor percorre o caminho da origem ao ponto, fornecendo ao sistema dados como angulação ( $\theta$ ), em relação ao eixo das abcissas, altura ( $h$ ) e comprimento ( $d$ ). Observa-se que fora criado um triângulo retângulo graças ao vetor, este será utilizado para que se realize o devido controle.



Reticulado de Controle Final

Conforme o ponto gerado aproxima-se da região de inconsistência ou indeterminação sua altura  $h$  cresce proporcionalmente e conforme o ponto se desloca em relação ao eixo das abcissas sua altura calculada não se altera, isso nos permite criar uma série de respostas para cada secção do diagrama com o objetivo de controlar o fluxo em cada secção.

Utilizando o ângulo  $\theta$  criado pelo vetor e seu comprimento ( $d$ ) o sistema calcula o valor de  $h$  e o compara à linha limite em cada secção do reticulado para estabelecer uma ação posterior. O eixo das ordenadas, assim como das abcissas possui um comprimento de -1 a 1, e os limites de tolerância para PAM e NAF traçam-se nos pontos  $\pm 0,25$ ,  $\pm 0,20$  ou  $\pm 0,15$  no eixo das ordenadas. Portanto em todo o reticulado a altura do vetor é comparada com estes limites de tolerância, caso o valor de altura (já em módulo) supere o módulo deste valor, o sistema interpreta o ponto gerado, como estando fora de sua região apropriada, ou seja o controle deve intervir no fluxo, para reajusta-lo a valores seguros, caso o contrário o fluxo sanguíneo se mantém e o sistema não intervém no funcionamento do DAV.

Secções do Diagrama	Algoritmos
T	Diminuir fluxo: h (L/min)
⊥	Aumentar fluxo: h (L/min)
F	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se <math>h \geq 0,15</math>:  <math>\theta &gt; 0</math>: Diminuir Fluxo: h (L/min)  <math>\theta &lt; 0</math>: Aumentar Fluxo: h (L/min)</li> <li>Se <math>h &lt; 0,15</math>:  Manter Fluxo</li> </ul>
V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se <math>h \geq 0,15</math>:  <math>\theta &gt; 0</math>: Diminuir Fluxo: h (L/min)  <math>\theta &lt; 0</math>: Aumentar Fluxo: h (L/min)</li> <li>Se <math>h &lt; 0,15</math>:  Manter Fluxo</li> </ul>
T→F	Se $h \geq 0,25$ : Diminuir Fluxo: h (L/min) Se $h < 0,25$ : Manter Fluxo
T→V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se <math>h \geq 0,25</math>:  Diminuir Fluxo: h (L/min)</li> <li>Se <math>h &lt; 0,25</math>:  Manter Fluxo</li> </ul>
⊥→F	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se <math>h \geq 0,25</math>:  Aumentar Fluxo: h (L/min)</li> <li>Se <math>h &lt; 0,25</math>:  Manter Fluxo</li> </ul>
⊥→V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se <math>h \geq 0,25</math>:  Aumentar Fluxo: h (L/min)</li> <li>Se <math>h &lt; 0,25</math>:  Manter Fluxo</li> </ul>
QF→T	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se <math>h \geq 0,20</math>:  Diminuir Fluxo: h (L/min)</li> <li>Se <math>h &lt; 0,20</math>:  Manter Fluxo</li> </ul>
QV→T	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se <math>h \geq 0,20</math>:  Diminuir Fluxo: h (L/min)</li> <li>Se <math>h &lt; 0,20</math>:  Manter Fluxo</li> </ul>
QF→⊥	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se <math>h \geq 0,20</math>:  Aumentar Fluxo: h (L/min)</li> <li>Se <math>h &lt; 0,20</math>:  Manter Fluxo</li> </ul>

QV $\rightarrow \perp$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se <math>h \geq 0,20</math>: Aumentar Fluxo: h (L/min)</li> <li>• Se <math>h &lt; 0,20</math>: Manter Fluxo</li> </ul>
------------------------	---

Algoritmos para Controle do Fluxo

Através dos algoritmos acima, o sistema de controle baseado em LPAE é capaz de regular e manter o fluxo seguro de um usuário, sendo também flexível o suficiente para adaptar-se a diferentes cotidianos tornando o dispositivo mais flexível para atendimento de múltiplos casos. Em sua funcionalidade máxima, o sistema é capaz de alterar o fluxo sanguíneo em até 1L/min.

## REFERÊNCIAS

LEÃO, Tarcísio Fernandes. **Técnica de controle automático da rotação de bombas de assistência ventricular**. 2015. 165f. Tese de Doutorado – Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, São Paulo, 2015

SILVA FILHO, J. I. *et al.* **Inteligência Artificial com as Redes de Análise Paraconsistentes**. 1ª Edição, vol 1. LTC Editora, 2008.

## CONFECÇÃO DE BIOMODELOS PARA PACIENTES RECÉM-NASCIDOS E CRIANÇAS MAIORES COM COARCTAÇÃO DA AORTA

### **Rosana Nunes dos Santos**

Pós-Doutoranda do Programa de Pós-Doutoramento do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia – São Paulo. Doutorado em Ciências no Programa de Pós-Graduação do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP – São Paulo. Professora Associada do Departamento de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – São Paulo.

### **Vinicius Oliveira Nascimento Louro**

Graduando em Engenharia Biomédica, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – São Paulo. Bolsista PIBIC-CNPq Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – São Paulo.

### **Nadine Rubliauskas Wahbe**

Graduanda em Engenharia Biomédica, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – São Paulo. Bolsista PIBIT-CNPq Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – São Paulo.

### **Tiago Senra Garcia dos Santos**

Especialização em Ressonância Magnética e Tomografia Cardiovascular pelo Instituto do Coração HC Faculdade de Medicina da USP – São Paulo. Médico do Setor de TC Cardiovascular do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia – São Paulo.

### **Aron José Pazin de Andrade**

Livre Docência pelo Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos da Escola Politécnica da USP – São Paulo. Docente da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – São Paulo. Diretor do Centro de Engenharia em Assistência Circulatória do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia – São Paulo.

### **Bruno Utiyama da Silva**

Doutorado em Ciências - Programa Cardiologia pela Universidade de São Paulo – São Paulo. Pesquisador do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia – São Paulo.

### **Carlos Augusto Cardoso Pedra**

Doutorado em Ciências pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – São Paulo. Chefe da Seção Médica de Intervenção em Cardiopatias Congênitas e Responsável Técnico da Terapia Intensiva Pediátrica do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia – São Paulo. Intervencionista do Hospital do Coração da Associação Sanatório Sírio- São Paulo.

**RESUMO:** A coarctação da aorta (CoA) é uma doença congênita que apresenta um estreitamento da aorta em sua porção torácica descendente. Existem procedimentos que são menos invasivos como, por exemplo, a dilatação com balão, que é a inserção e insuflação de um dispositivo na aorta para abrir o vaso, e a implante de stents para manter o vaso aberto num determinado diâmetro, tornando-se o procedimento mais utilizado. Para tanto, existem fatores que devem ser considerados na escolha do modelo de *stents* a ser empregado, tais como o mecanismo de implante, a geometria, o tipo de malha formada pelas hastes de metal, seu desenho estrutural e sua composição metálica. As aplicações da

manufatura aditiva ou impressão 3D, com foco no desenvolvimento de “modelos fisiológicos”, a partir de arquivos DICOM provenientes da tomografia computadorizada de pacientes com cardiopatias congênicas geram biomodelos o mais próximo possível da anatomia do paciente. Com isso, o médico poderá discutir com detalhes qual será o melhor tratamento a ser empregado. A análise da região com má-formação antes da intervenção pode reduzir significativamente complicações futuras.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cardiopatias Congênicas, Coarctação da Aorta, Tomografia Computadorizada, Impressão 3D, Biomodelos.

**ABSTRACT:** Coarctation of the aorta (CoA) is a congenital heart disease in which there is narrowing of the aorta in its descending thoracic portion. There are procedures that are less-invasive such as balloon dilation, which is the insertion and inflation of a catheter balloon in the aorta to open the vessel, and *stent* implantation in which it is possible to keep the vessel opened in a certain diameter, the most commonly used procedure. There are factors that must be considered when selecting the *stent* model to be used, as well as: the implant mechanism; the geometry; the type of mesh formed by the metal struts; their structural design and their metallic composition. The applications of additive manufacture or 3D printing, focusing on the development of “physiological models” from DICOM files from computerized tomography of patients with congenital CoA generate biomodels as close as possible to the patient’s anatomy. With this, the physician can discuss in detail which will be the best treatment to that patient. The analysis of the region with malformation before the intervention can significantly reduce future complications.

**KEYWORDS:** Congenital Heart Diseases, Coarctation of the Aorta, Computed Tomography, 3D Printing, Biomodels.

## 1 | INTRODUÇÃO

A coarctação da aorta (CoA) é uma estenose congênita no nível do istmo aórtico, localizado entre a artéria subclávia esquerda (LSA) e o ligamento arterial. É responsável por apresentar uma incidência de 1 em 2.500 recém-nascidos, representando de 5% a 10% de todas as cardiopatias congênicas, com a predominância de 2:1 para o sexo masculino (PEDRA, 2004; BROWN et. al., 2013; JUSZKAT et al., 2013; FONTES; PEDRA; PEDRA, 2014; NGUYEN; COOK, 2015). Sua principal consequência hemodinâmica é a obstrução do fluxo sanguíneo, o que determina aumento da pós-carga do ventrículo esquerdo, assim como hipertensão nos vasos da cabeça e pescoço (NEVES et al., 2005). Cabe ressaltar que as estenoses localizadas antes da emergência das artérias subclávias ou na aorta descendente torácica distal ocorrem raramente (PEDRA, 2004).

Na CoA, um segmento da aorta torna-se muito estreito devido à má-formação e, portanto, o fluxo de sangue oxigenado para o corpo é reduzido, o ventrículo esquerdo é forçado a bombear com mais intensidade provocando o desenvolvimento

de pressão arterial alta (PEDRA et al., 2005a; NEVES et al., 2005). Esta má-formação foi, primeiramente, descrita em 1760 por Morgagni, e a partir de então, muitos estudos foram realizados. Apesar de se apresentar simplesmente como uma lesão vascular, sua patogênese e seu tratamento ainda permanecem controversos (SANTOS; AZEVEDO, 2003).

A CoA é uma doença que continua a desafiar os investigadores, clínicos e cirurgiões, numa ampla faixa de idade de seus pacientes. Fetos, recém-nascidos e lactentes se apresentam com aspectos particulares no diagnóstico e tratamento e que muitas vezes podem ser de natureza urgente.

O tratamento com cirurgia, angioplastia com cateter balão, *stents* intravasculares ou a combinação de terapias podem apresentar obstruções recorrentes ou residuais que, entretanto, podem ser diagnosticadas e tratadas adequadamente.

Alterações fisiológicas importantes sob a forma de hipertrofia ventricular esquerda, hipertensão arterial sistêmica ou doença vascular podem surgir muitas décadas após o procedimento inicial (SANTOS; AZEVEDO, 2003).

Ao longo do tempo, a CoA não tratada elevou a mortalidade a mais de 80% até os 50 anos devido a complicações, incluindo ruptura aórtica, insuficiência cardíaca e hemorragia intracraniana (BROWN et al., 2013).

Segundo LORIER et al. (2005), pacientes com menos de 30 dias apresentaram risco aumentado de mortalidade e recoarctação, embora pacientes com mais de 30 dias a técnica de Waldhausen, a qual recorre a ampliação ou remendo do tecido da subclávia esquerda, mostrou-se efetiva.

Entre todas as crianças vivas portadoras de coarctação isolada da aorta, verificou-se que, sem tratamento, 10% dos pacientes morrem no primeiro mês de vida por insuficiência cardíaca. Por volta dos 10 anos, a mortalidade é de 50%, geralmente causada por insuficiência cardíaca crônica. Aos 50 anos, apenas 10% sobrevivem (FONTES et al., 2014).

Os métodos de tratamento incluem cirurgia, angioplastia por balão e implante de *stents*, sendo os dois últimos capazes de aliviar o gradiente de pressão arterial através da CoA. Acreditava-se que a CoA era uma doença simples e estava associada com a baixa morbidade e mortalidade (HELLENBRAND et al., 1990; BOBBY et al., 1991; OVAERT et al., 1998), porém, ao longo do tempo isto não se confirmou (LADISA JR.; TAYLOR; FEINSTEIN, 2010). Se não for tratada de forma eficaz e com rapidez, a CoA tem mal prognóstico, a maioria dos pacientes terá em sua vida, um decréscimo de décadas a menos em relação à média da população em geral (BOBBY et al., 1991; PERLOFF, 2003; NEVES et al., 2005) e uma morbidade substancial existente na forma de hipertensão, insuficiência cardíaca, doença arterial coronariana precoce, acidente vascular cerebral e formação de aneurisma (FLETCHER et al., 1995; BOUCHART et al., 2000; JOHNSTON; GIFKA; JONES, 2004; PEDRA, 2004; NEVES et al., 2005; LADISA JR.; TAYLOR; FEINSTEIN, 2010). A escolha do tratamento que será empregado faz a diferença na recuperação e nos possíveis problemas que podem ocorrer ao longo do

tempo de seguimento do paciente (PEDRA, 2004; NEVES et al., 2005; FONTES et al., 2014).

O tratamento cirúrgico da CoA emprega inúmeras técnicas com melhora progressiva dos resultados (OLIVEIRA et al., 2007, FORBES et al., 2011; BROWN et al., 2013). Os problemas que envolvem o tratamento da CoA estão centrados em três pontos: idade na realização do procedimento, tipo de técnica cirúrgica empregada e anomalias associadas. O aparecimento de recoarctação esteve associado com a baixa idade (menos de 13 dias de vida no procedimento). A sobrevida dos pacientes esteve correlacionada à ausência de defeitos associados, estado clínico pré-operatório e gradiente residual no local da CoA (SANTOS; AZEVEDO, 2003).

Atualmente, a correção cirúrgica dessa afecção, com qualquer técnica utilizada é realizada com baixos índices de morbidade e mortalidade, principalmente quando a lesão é isolada e nos pacientes com idade superior a um mês de vida. Nos adultos, apesar da operação realizada com segurança e eficácia, a ocorrência de dor na incisão cirúrgica e de sangramentos significativos é maior que em outras faixas etárias (SANTOS; AZEVEDO, 2003).

Apesar dos progressos significativos no manejo cirúrgico da CoA, a cirurgia ainda está associada a complicações potenciais durante o período de seguimento que incluem hipertensão, doença arterial coronariana e doença cerebrovascular. Além disso, não raramente, podem ocorrer complicações locais tardias, tais como aneurismas ou coarctações recorrentes que são diagnosticadas até em pacientes assintomáticos (JUSZKAT et al., 2013).

Os primeiros estudos realizados por SOS et al. (1979), LOCK et al. (1982a; 1982b), SINGER; ROWEN; DORSEY (1982) e LABABIDI et al. (1983; 1984) demonstraram ser possível realizar a dilatação da CoA por cateter-balão. A melhoria do fluxo local promove remodelamento e desenvolvimento do arco e istmo aórticos. Por outro lado, a ruptura da íntima pode se estender por toda a túnica média, poupando apenas a adventícia. Essa extensão provavelmente ocorre mais frequentemente em áreas com aspecto de necrose cística, favorecendo o aparecimento de aneurismas. A incidência dessa complicação varia de 2% a 20%, variando conforme o diâmetro do balão empregado e a faixa etária (PEDRA, 2004; 2005a; FONTES et al. 2014). A angioplastia para a CoA apresenta melhores resultados quando aplicada a pacientes entre 1 e 7 anos de idade (PEDRA, 2004; PEDRA et al, 2005a).

Cabe salientar que as taxas de recoarctação de até 80% são observadas nos neonatos, caindo progressivamente para 30% a 60% nos lactentes entre 1 e 6 meses de idade e 15% para crianças maiores. Em adultos e adolescentes os resultados também são satisfatórios quando comparados aos das crianças maiores (PEDRA, 2004; PEDRA et al, 2005a).

De modo geral, a angioplastia apresenta bons resultados em 80% dos casos definidos evolutivamente por gradientes entre membros superiores e inferiores menores que 20 mmHg e a ausência de aneurismas. Estudos envolvendo as técnicas

de abordagem cirúrgica e a de angioplastia, ambas na faixa etária pediátrica, mostraram resultados semelhantes nos dois estudos, com menor incidência e menor gravidade de complicações associadas à angioplastia e menor incidência de aneurismas e obstruções residuais associadas ao tratamento cirúrgico (PEDRA, 2005b; FONTES et al., 2014).

Após grande experiência acumulada no tratamento de diversas cardiopatias congênitas na população pediátrica, a implantação de *stent* foi ampliada aos pacientes portadores da CoA (PEDRA, 2004; PEDRA et al., 2005a; PEDRA et al., 2005b; NEVES et al., 2005; CATE et al., 2013; CHAMIÉ et al., 2015).

A partir de meados dos anos 90, diversos estudos demonstraram a segurança e eficácia em médio prazo dessa técnica, que praticamente elimina a possibilidade de recoarctação (NEVES et al., 2005; STINES; HOLZER, 2012; CATE et al., 2013). Uma vez que o *stent* atua como suporte para a parede do vaso, acredita-se também que possa reduzir a formação de aneurismas. Por outro lado, esse dispositivo metálico rígido determina, em longo prazo, o aparecimento de estenose fixa nas crianças em fase de crescimento (NEVES et al., 2005).

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A Manufatura Aditiva, Impressão Tridimensional (3D) ou Prototipagem Rápida envolve um conjunto de tecnologias usadas para se fabricar objetos físicos diretamente a partir de fontes de dados gerados por sistemas de projetos auxiliados por computador. A confecção das peças é feita através da adição automatizada de materiais, camada por camada. O processo de adição de camadas possibilita a construção de peças com alta complexidade geométrica, além da modulação das propriedades mecânicas dos materiais que constituem a peça confeccionada (ICHI, 2010).

O objetivo é confeccionar biomodelos (modelos de áreas anatômicas de pacientes portadores da CoA) a partir de arquivos de imagem DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) de pacientes submetidos a exame de Tomografia Computadorizada (TC). Para tanto, alguns pontos devem ser salientados como o estudo das melhores condições sobre a manufatura aditiva através da produção de biomodelos personalizados de pacientes do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia (IDPC), a definição de qual será a melhor opção para a técnica de processamento de imagens DICOM, segmentação e impressão 3D da região de interesse. A partir disto, será possível avaliar se o protótipo apresentará comportamento adequado como interface entre o médico e o paciente, além de prestar com eficiência à análise visual e de manuseio com potencial de aplicação no diagnóstico e planejamento cirúrgico.

A TC é capaz de visualizar a anatomia da aorta e, conseqüentemente, o local da coarctação, que aparece como redução do calibre. Esta redução pode ser focal ou segmentar e acompanhada de hipoplasia do arco aórtico e podem ser facilmente

identificadas pela TC. A valva aórtica bicúspide, que está presente numa parcela de pacientes com coarctação, também é visualizada (SCHVARTZMAN, 2004).

Do ponto de vista de GOITEIN et al. (2014), a tomografia cardíaca é uma ferramenta fidedigna no diagnóstico e planejamento cirúrgico de pacientes recém-nascidos e crianças com doenças cardíacas congênitas dado que mostra malformações vasculares extracardíacas e possibilita a reconstrução tridimensional. No entanto, a exposição aos raios X é de grande preocupação relativa ao aumento do risco de desenvolvimento de enfermidades induzidas pela radiação ionizante, em virtude desta população possuir alta sensibilidade e uma expectativa de vida longa. Cabe ressaltar que a ausência de informações hemodinâmicas e a administração de contrastes iodados são outras limitações da técnica que inviabiliza a avaliação clínica rotineira especialmente em neonatos com cardiopatia congênita (GOITEIN et al., 2014).

Dentre as principais técnicas desenvolvidas no processo de manufatura aditiva, a Impressão por Jato de Tinta (MTJ, Multi Jet Modeling ou BMP – Ballistic Particle Manufacturing) é a utilizada para a confecção dos biomodelos. Após a segmentação da imagem, ocorre a impressão através de jato de resinas líquidas polimerizáveis por incidência de luz ultravioleta na área desejada. O suporte é feito por uma resina lavável em jato de água. A partir deste ponto, os biomodelos são construídos por manufatura aditiva e seu uso será acompanhado através da equipe médica que terá acesso a esses biomodelos.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Imagens de tomografia computadorizada são importadas em formato DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) para um software que gera reconstruções volumétricas da morfologia do coração (MARAGIANNIS et al., 2014). Esta etapa de processamento caracteriza-se por ser crítica e trabalhosa, pois seu resultado influencia nas tomadas de decisões pela equipe médica (MATHUR; PATIL; BOVE, 2015). Portanto, as primeiras imagens trabalhadas pertencem a um software de imagens médicas disponível no mercado.

Neste processo, foi utilizado o software Mimics 18.0 versão trial (Materialise, Leuven, Bélgica). Após a segmentação, gerou-se um arquivo em formato STL (Standard Tessellation Language ou StereoLithography Language) e a partir dele os biomodelos são construídos por manufatura aditiva e seu uso será acompanhado através da equipe médica que terá acesso a esses biomodelos.

A técnica de segmentação envolve a multidisciplinaridade entre as ciências biomédicas e a engenharia, dado que, a equipe designada para realizar esta atividade depende do conhecimento tanto na morfologia da doença quanto no processamento de imagem (MEURER et al., 2008). Esta técnica se inicia, basicamente, com as fatias bidimensionais sendo “empilhadas” pelo software formando, assim, reconstruções

tridimensionais, as quais podem ser operadas por meio de algoritmos (sequência de instruções) e rotacionadas em três dimensões para facilitar a visualização em qualquer ângulo (NOECKER et al., 2006).

O paciente em questão é um neonato do sexo masculino com 27 dias de vida que possuía as características necessárias para este estudo, ou seja, nasceu com CoA grave. A imagem de TC escolhida tinha poucos artefatos sendo, com isso, importada no formato DICOM para ser analisada e segmentada pelo software que gera reconstruções volumétricas da morfologia do coração.

Este paciente apresenta outro defeito cardíaco congênito – Persistência do Canal Arterial (PCA) – caracterizada pelo não fechamento do Canal Arterial (CA) até 72 horas do nascimento, visto que, associa-se, frequentemente, à pacientes neonatos com CoA (SANTANA, 2014). O caminho que o sangue percorrerá (“esquerdo-direito” ou “direito-esquerdo”) através do CA depende da resistência vascular pulmonar (MARINO; FINE, 2013). A razão desta coexistência é desconhecida (YAZDANI; MCGHEE; STIEHM, 2011).

Em seguida, a imagem foi transportada para o software Mimics na qual resultou na anatomia cardíaca tridimensional (imagem 3D) (Figura 1).

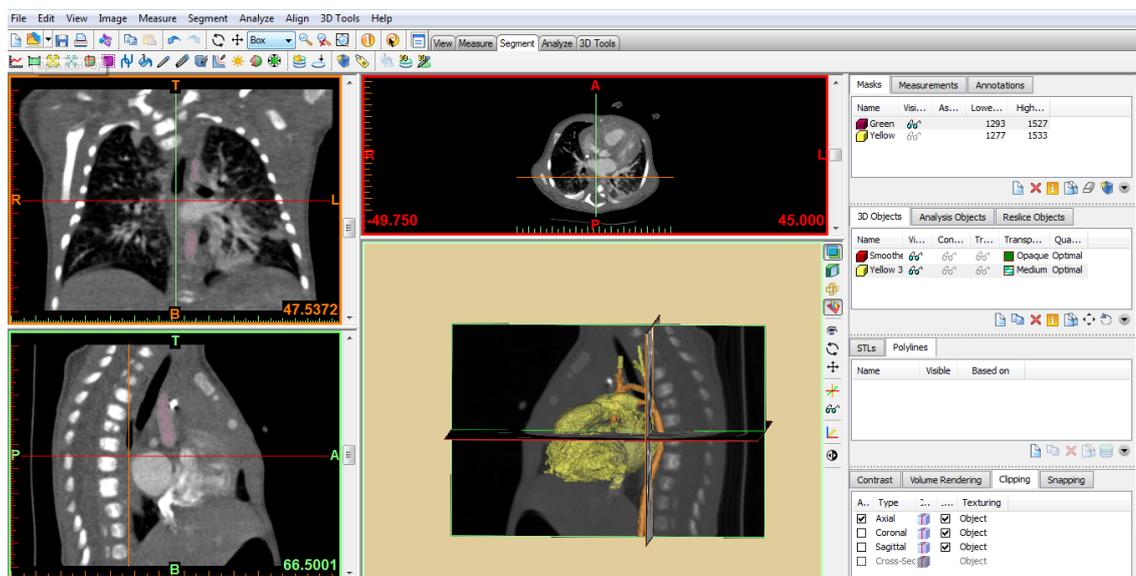


Figura 1: Imagens dos planos Coronal, sagital e axial.

Fonte: Os autores, 2018.

Um modelo 3D é criado a partir desta máscara, que preencherá toda a tomografia computadorizada que possui a mesma escala de pixels. Esta imagem pode ser editada bidimensionalmente com a finalidade de fechar buracos, ou tridimensionalmente realizando cortes de estruturas não desejáveis ao estudo. Nos planos (Figura 2A) não se altera todos os cortes de uma vez e no modelo 3D (Figura 2B) todos os cortes são alterados automaticamente.

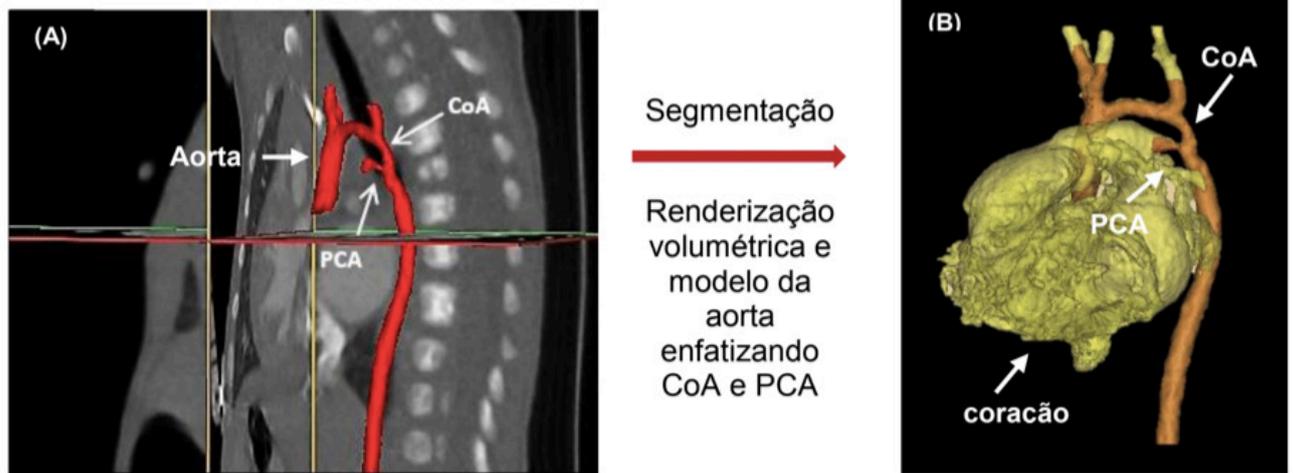


Figura 2: (A) Imagem 3D derivada da máscara do plano sagital: (B) Contraste da imagem 3D destacando a CoA, PCA e coração. Fonte: Os autores, 2018.

As estruturas indesejadas foram retiradas e a morfologia da aorta preservada (Figura 3).

Com este resultado pode-se dar início a impressão 3D do biomodelo, pois tem-se uma cópia fidedigna da imagem tomográfica. Os testes foram realizados com material rígido (Figura 4) para manuseio do formato e dimensões e, posteriormente serão substituídos por material similar ao da aorta.

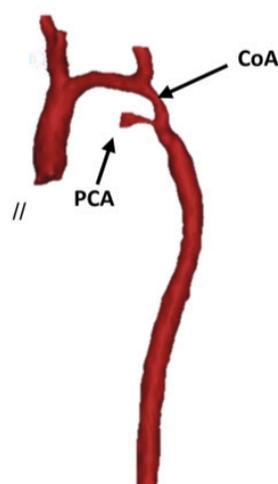


Figura 3: Contraste da imagem 3D destacando a artéria com a CoA e PCA.

Fonte: Os autores, 2018

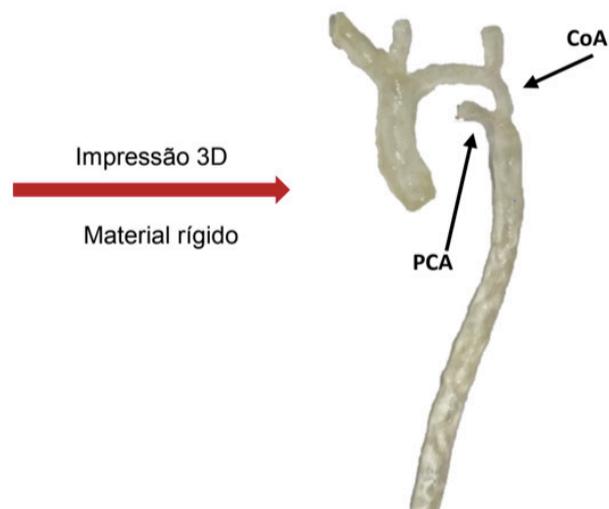


Figura 4: Modelo 3D da aorta enfatizando a CoA de um paciente de 27 dias de vida.

Fonte: Os autores, 2018.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os biomodelos gerados foram réplicas fiéis, ou o mais próximo possível da anatomia do paciente, considerando possíveis erros aplicáveis durante o processo de

segmentação das imagens, bem como sua obtenção e reconstrução após o exame, além da impressão tridimensional e seu pós-processamento. Cabe ressaltar que a aplicação da técnica de manufatura aditiva a estudos de casos envolvendo a área cardiológica auxiliará na simulação de fluxo sanguíneo nos biomodelos e planejamento cirúrgico de casos complexos.

O aprofundamento do estudo sobre manufatura aditiva através da produção de biomodelos personalizados de pacientes do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia (IDPC) e, a partir disto, a discussão de qual será a melhor opção para a técnica de processamento de imagens DICOM, segmentação e manufatura aditiva da região de interesse são os principais desafios científicos. A partir disto, será possível avaliar se o protótipo apresentará comportamento adequado como interface entre o médico e o paciente, além de prestar com eficiência a análise visual e de manuseio, com potencial de aplicação no diagnóstico e planejamento cirúrgico.

## REFERÊNCIAS

- BOBBY, J. J.; EMAMI, J. M.; FARMER, R. D.; NEWMAN, C. G. **Operative survival and 40 years follow up of surgical repair of aortic coarctation.** Br. Heart J., v. 65, p. 271-276, 1991.
- BOUCHART, F.; DUBAR, A.; TABLEY, A.; LITZLER, P. Y.; HASS-HUBSCHER, C.; REDDONET, M.; BESSOU, J. P.; SOYER, R. **Coarctation of the aorta in adults: surgical results and long-term follow-up.** Ann. Thorac. Surg.; v. 70, p. 1483-1488, 2000.
- BROWN, M. L.; BURKHART, H. M.; CONNOLLY, H. M.; DEARANI, J. A.; CETTA, F.; LI, Z.; OLIVER, W. C.; WARNES, C. A.; SCHAFF, H. V. - **Coarctation of the aorta: Lifelong Surveillance is mandatory following surgical repair.** J. Am. Coll. Cardiol; v. 62, n. 11, p. 1020-1025, 2013.
- CATE, F. E. A. U.; SREERAM, N.; HAMZA, H.; ROSENTHAL, E.; QURESHI, S. A., **Stenting the Arterial Duct in Neonates and Infants with Congenital Heart Disease and Duct-Dependent Pulmonary Blood Flow: A Multicenter Experience of an Evolving Therapy over 18 years.** Catheter Cardiovasc. Interv., v. 82, p. 233-243, 2013.
- CHAMIÉ, F.; CHAMIÉ, D.; SIMÕES, L. C. N.; SILVA R. M., **Use of covered stents in the treatment of aortic coarctation.** Rev. Bras. Cardiol. Invasiva, v. 23, n. 2, p. 139-144, 2015.
- FLETCHER, P. C.; HAPPÉ, F.; FRITH, U.; BAKER, S. C.; DOLAN, R. J.; FRACKOWIAK, R. S. J.; FRITH, C. D. **Other minds in the brain: a functional imaging study of “theory of mind” in story comprehension.** Cognition., v. 57, p. 109-128, 1995.
- FONTES, V. F.; PEDRA, C. A. C.; PEDRA, S. R. F. - IN: SANTANA, M. V. T. editor. **Cardiopatas Congênitas no Recém-Nascido: Diagnóstico e Tratamento.** 3ª edição. São Paulo: Brasil: p. 393-439, 2014.
- FORBES, T.J.; KIM, D.W.; DU, W.; TURNER, D.R.; HOLZER, R.; AMIN, Z.; GHASEMI, A.; ROME, J.J.; NYKANEN, D.; ZAHN, E.; COWLEY, C.; HOYER, M.; WAIGHT, D.; GRUENSTEIN, D.; JAVOIS, A.; FOERSTER, S.; KREUTZER, J.; SULLIVAN, N.; KHAN, A.; OWADA, C.; HAGLER, D.; LIM, S.; CANTER, J.; ZELLERS, T.; CCISC INVESTIGATORS, **Comparison of Surgical, Stent. Ans Baloon Angioplasty Treatment of Native Coarctation of the Aorta.** Journal of the American College of Cardiology, v. 58, n. 25, p. 2664-2674, 2011.
- GOITEIN, O.; SALEM, Y.; JACOBSON, J.; GOITEIN, D.; MISHALI, D.; HAMDAN, A.; KUPERSTEIN,

- R.; SEGNI, E.D.; KONEN, E., **The role of cardiac computed tomography in infants with congenital heart disease.** Israel: Israel Medical Association Journal, v. 16, p. 147-152, 2014.
- HELLENBRAND, W. E.; ALLEN, H. D.; GOLINKO, R. J.; HAGLER, D. J.; LUTIN, W. JEANKAN, J. **Balloon angioplasty for aortic recoarctation: Results of Valvuloplasty and Angioplasty of Congenital Anomalies Registry.** The American Journal of Cardiology, v. 65, n. 11, p. 793-797, 1990.
- ICHI, L. A., **Análise da Viabilidade da Aplicação da Tecnologia CAD-CAM por Prototipagem Rápida na Confecção de Estrutura Metálica da Prótese Parcial Removível Comparando-a ao Método Convencional.** Dissertação (mestrado em Odontologia) – Departamento de Odontologia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- JOHNSTON, T. A.; GRIFKA, R. G.; JONES, T. K. **Endovascular stents for treatment of coarctation of the aorta: acute results and follow-up experience.** Catheter Cardiovasc. Interv., v. 62, p. 499-505, 2004.
- JUSZKAT, R.; PEREK, B.; ZABICKI, B.; TROJNARSKA, O.; JEMIELITY, M.; STANISZEWSKI, R.; SMO CZYK, W.; PUKACKI., **Endovascular Treatment of Late Thoracic Aortic Aneurisms after Surgical Repair of Congenital Aortic Coarctation in Childhood.** PLoS ONE 8(12): e83601. doi:10.1371/journal.pone.0083601, 2013.
- LABABIDI, Z. **Neonatal transluminal balloon coarctation angioplasty.** Am. Heart J., v. 103, n. 4, p. 752-753, 1983.
- LABABIDI, Z.; MADIGAN, N.; WU, J. R.; MURPHY, T. J., **Balloon coarctation angioplasty in an adult.** Am. J. Cardiol., v. 53, n. 2, p. 350-351, 1984.
- LADISA JR., J. F.; TAYLOR, C. A.; FEINSTEIN, J. A. – **Aortic Coarctation recent development methods in experimental and computational methods to assess treatments for this simple condition.** Prog. Pediatr. Cardiol. V. 30, n. 1, p. 45–49, 2010.
- LOCK, J.E.; NIEMI, T.; BURKE, B. A.; EINZIG, S.; CASTANEDA-ZUNIGA, W. R. **Transcutaneous angioplasty of experimental aortic coarctation.** Circulation. v. 66, n. 6, p. 1280-1286, 1982a.
- LOCK, J.E.; CASTANEDA-ZUNIGA, W. R.; BASS, J. L.; FOKER, J. E.; AMPLATZ, K.; ANDERSON, R. M. **Balloon dilatation of excised aortic coarctations.** Radiology, v. 143, n. 3, p. 689-691, 1982b.
- LORIER, G.; WENDER, O.; KALIL, R. A. K.; GONZALEZ, J.; HOPPEN, G.; BARCELLOS, C.; HOMSI-NETO, A.; PRATES, P. R.; SANT'ANNA, J. R. M.; NESRALLA, I.A. **Coarctação de aorta em crianças até um ano. Análise de 20 anos de experiência.** Arq. Bras. Cardiol., v. 85, n 1, p. 51-56, 2005.
- MARAGIANNIS, D.; JACKSON, M.S.; IGO, S.R.; CHANG, S.M.; ZOGHBI, W.A.; LITTIE, S.H. **Functional 3D printed patient-specific modeling of severe aortic stenosis.** Journal of the American College of Cardiology, v. 64, n. 10, p. 1066-1068, 2014.
- MARINO, B. S.; FINE, K. S.; **Blueprints pediatrics.** 6.ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. Grã-Bretanha, 412p., 2013.
- MATHUR, M.; PATIL, P.; BOVE, A. **The role of 3D printing in structural heart disease: all that glitters is not gold.** Philadelphia: Journal of the American College of Cardiology, v. 8, n. 8, p. 987-988, 2015.
- MEURER, M.I.; MEURER, E.; SILVA, J. V. L.; SANTA BÁRBARA, A.; NOBRE, L. F.; OLIVEIRA, M. G.; SILVA, D. N. **Aquisição e manipulação de imagens por tomografia computadorizada da região maxilofacial visando à obtenção de protótipos biomédicos.** Santa Catarina: Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem, v. 41, n. 1, p. 49-54, 2008.

NEVES, J.; FRAGA, V.; SILVA, R.; PILLA, C. B.; ESTEVES, C. A.; BRAGA, S. L. N.; NUNES, G.; FONTES, V. F.; PEDRA, C. A. C. **Uso de stents no tratamento da coarctação da aorta.** Rev. Bras. Cardiol. Invasiva; v. 13, n. 3, p. 153-166, 2005.

NOECKER, A.M.; CHEN, J.; ZHOU, Q.; WHITE, R. D.; KOPCAK, M. W.; ARRUDA, M. J.; DUNCAN, B. W. **Development of patient-specific three-dimensional pediatric cardiac models.** Washington: American Society for Artificial Internal Organs Journal, v. 53, n. 3, p. 349-353, 2006.

NGUYEN, L.; COOK, S. C., **Coarctation of the aorta: strategies for improving outcomes.** Cardiol. Clin., v. 33, p. 521-530, 2015.

OVAEART, C.; BENSON, L. N.; NYKANEN, D.; FREEDOM, R. M. **Transcatheter Treatment of coarctation of the aorta: a review.** Pediatr. Cardiol., v. 19, p. 27-44, 1998.

OLIVEIRA, A. S. A., CARNEIRO, B. B. S., LIMA, R. C., CAVALCANTI, C., VILLACHAN, R., ARRAES, N., LINS, R. A., ESCOBAR, M., **Surgical treatment of the aortic coarctation: three decades: experience.** Rev. Bras. Cir. Cardiovasc., v. 22, n. 3, p. 317-321, 2007.

PEDRA, C. A. C. **Análise dos resultados imediatos e tardios do tratamento percutâneo da coarctação da aorta em adolescentes e adultos: comparação entre balões e stents.** Tese (Doutorado em Ciências) – Departamento de Medicina da Faculdade de Medicina. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004.

PEDRA, C. A. C.; FONTES, V. F.; ESTEVES, C. A.; ARRIETA, S. R.; BRAGA, S. L. N.; JUSTINO, H.; KAMBARA, A. M.; MOREIRA, S. M.; SOUZA, J. F. R., **Use of covered stents in the management of coarctation of the aorta.** Pediatric. Cardiol., v. 26: p. 431-439, 2005a.

PEDRA, C. A. C.; FONTES, V. F.; ESTEVES, C. A.; PILLA, C. B.; BRAGA, S. L. N.; PEDRA, S. R. F.; SANTANA, M. V. T.; SILVA, M. A. P.; ALMEIDA, T.; SOUZA, J. E. M. R., **Stenting vs. Balloon Angioplasty for Discrete Unoperated Coarctation of the Aorta in Adolescents and Adults. Catheter.** Cardiovasc. Interv., v.64, p. 495-506, 2005b.

PERLOFF, J. K. **Clinical recognition of congenital heart disease.** Saunders; Philadelphia. Coarctation of the aorta; p. 113-143, 2003.

SANTANA, M. V. T., **Cardiopatias Congênicas no Recém-Nascido – Diagnóstico e Tratamento.** 3ª ed., São Paulo, 588p., 2014.

SANTOS, M. A.; AZEVEDO, V. M. P. **Coarctação da Aorta. Anomalia Congênita com Novas Perspectivas de Tratamento.** Arq. Bras. Cardiol., v. 80, p. 340-46, 2003.

SCHVARTZMAN, P. R. – **Aplicações da Tomografia Computadorizada e Ressonância Magnética nas Cardiopatias encontradas no Adulto.** Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul; v. 1, p. 1-2, 2004.

SINGER, M. I.; ROWEN, M.; DORSEY, T. J. **Transluminal aortic balloon angioplasty for coarctation of the aorta in the newborn.** Am. Heart J. , v. 103, n. 1, p. 131-132, 1982.

SOS, T.; SNIDERMAN, K. W.; RETTEK-SOS, B.; STRUPP, A.; ALONSO, D. R. **Percutaneous transluminal dilatation of coarctation of thoracic aorta post mortem.** Lancet, v. 2, n. 8149, p. 970-971, 1979.

STINES, J. R. & HOLZER, R. J., **Stenting of aortic coarctation: Technical considerations and procedural outcomes.** Prog. Pediatr. Cardiol., v. 33, p. 161-167, 2012.

YAZDANI, S.; MCGHEE, S. A.; STIEHM, E. R., **Chronic complex diseases of childhood – a practical guide for clinicians.** Florida: BrownWalker Press. p. 13-16, 2011.

## CONTROLE DO CONVERSOR BUCK PARA MÓDULOS DA CADEIRA DE RODAS COM USO DE LMIS

### Ruberlei Gaino

Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Engenharia Elétrica  
Londrina – PR

### Márcio Roberto Covacic

Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Engenharia Elétrica  
Londrina – PR

### Rodrigo da Ponte Caun

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Apucarana – PR

### Pedro Henrique Bonilha Mantovani (PIBIC/CNPq-UEL)

Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Engenharia Elétrica  
Londrina – PR

**RESUMO:** Este trabalho propõe o estudo de um conversor Buck abaixador de tensão DC/DC que utiliza leis de controle em malha fechada a fim de auxiliar em uma minimização do erro de saída. A técnica de controle utilizada foi a das Desigualdades Matriciais Lineares (em inglês, *Linear Matrix Inequalities*, LMIs) que auxiliou na obtenção de um controlador que minimizasse este erro na saída, ou seja, deixando-o estável. Este conversor atua como uma interface para o acréscimo de qualquer módulo a ser iniciado com uma tensão inferior a 12V, referente às baterias que servem de alimentação para uma

cadeira de rodas acionada por sopro e sucção que auxilia na reabilitação de paraplégicos e na locomoção de tetraplégicos. O trabalho foi desenvolvido com o auxílio do software Matlab/Simulink que permite interagir os conceitos da teoria de controle em uma única plataforma.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conversor Buck, Matlab, LMI, Espaço de Estados.

**ABSTRACT:** This work proposes the study of a Buck converter, DC / DC step-down voltage that use control laws in closed loop, in order to assist in minimizing the output error. The control technique used was the Linear Matrix Inequalities (LMIs) which helped in the finding of a controller that minimizes this error in the output. This converter acts as an interface for adding module to be started at a lower voltage to 12V, referring to batteries that serve as food for a wheelchair that is thrown blow and suction which aids in the rehabilitation of paraplegics and locomotion of quadriplegics. The work was developed with the assistance of Matlab / Simulink that allows us to interact the control theory of concepts in a single platform.

**KEYWORDS:** Buck converter, LMI, Matlab, State space.

## 1 | INTRODUÇÃO

### 1.1 Funcionamento do Conversor Buck DC-DC

O conversor Buck DC-DC é um conversor abaixador de tensão que trabalha produzindo um valor médio de tensão de saída inferior ao valor médio da tensão de entrada, enquanto a corrente média de saída tem um valor superior ao valor da corrente média de entrada, tendo um comportamento consequente ao princípio de conservação de energia (MARTINS, BARBI, 2006).

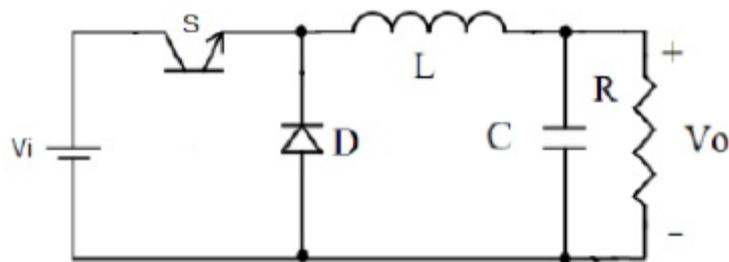


Figura 1 - Circuito do conversor Buck DC-DC

Como visto na Figura 1 o conversor basicamente consiste em uma fonte de alimentação de corrente contínua ( $V_i$ ), uma chave ( $S$ ), um diodo ( $D$ ), um indutor ( $L$ ), um capacitor ( $C$ ) e uma carga ( $R$ ), onde é medida a tensão de saída.

Para calcular o valor médio da tensão de carga ( $V_{Rméd}$ ) utiliza-se a equação (1):

$$V_{Rméd} = \frac{1}{T} \int_0^T V_{(R(t))} dt = \frac{1}{T} \int_0^{tc} E dt = \frac{tc}{T} E \quad (1)$$

na qual ( $T = tc + ta = 1/f$ ) é o período de chaveamento,  $tc$  é o tempo em que a chave  $S$  permanece conduzindo e  $ta$  é o tempo em que a chave permanece aberta.

No funcionamento do conversor são observados dois estágios, quando a chave está aberta e quando a chave está fechada. Na posição fechada, há uma polarização reversa do diodo, deste modo uma tensão é aplicada à carga e ao capacitor, carregando o capacitor. Com a chave aberta, não há tensão no circuito proveniente da fonte, portanto a corrente que circula no circuito é proveniente da descarga do capacitor. As duas possibilidades são mostradas na Figura 2.

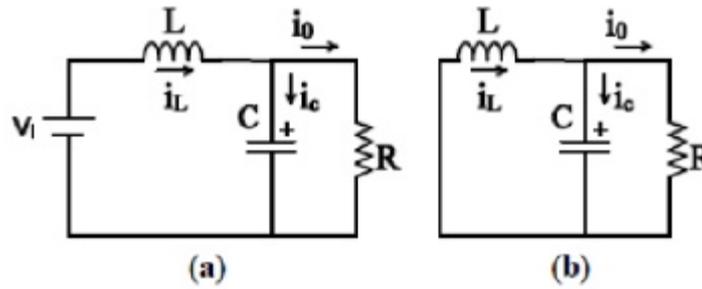


Figura 2 - Circuito equivalente do conversor Buck DC-DC. (a) Com a chave fechada. (b) Com a chave aberta.

A chave permanece fechada por um determinado tempo, denominado de razão cíclica ou *duty cycle*, sendo a relação da tensão de entrada pela tensão de saída dada pela equação (2):

$$D = \frac{tc}{T} = \frac{Vo}{Vi} \quad (2)$$

## 1.2 Cálculo da Lei de Controle Utilizando LMIs

De acordo com Dorf, Bishop (2001) e Ogata (2011), um sistema definido por variáveis de estado é descrito pelas equações:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), \quad (3)$$

$$y(t) = Cx(t) + Du(t), \quad (4)$$

onde  $x(t)$  é o vetor com as variáveis de estado,  $\dot{x}(t)$  é a derivada de  $x(t)$  no tempo,  $u(t)$  é a entrada do sistema e  $y(t)$  é a saída do sistema.

Através do critério de Lyapunov, sabe-se que quando um sistema possui uma energia  $V(x)$ , o mesmo é assintoticamente estável se seguir as condições de que  $V(x)$  seja definida positiva e a sua derivada  $\dot{V}(x)$  seja definida negativa (AGUIRRE, 2007). Assim pode-se aplicar a função de Lyapunov quadrática representada por (5):

$$V(x) = x'Px \quad (5)$$

onde  $x'$  é o transposto de  $x$  e  $P$  uma matriz simétrica. Aplica-se, também, a sua derivada representada por (6):

$$\dot{x}Px + x'\dot{P}x + x'P\dot{x} = x'(A'P + PA)x \quad (6)$$

onde  $A$  é a matriz característica da representação do sistema em espaço de estados e  $A'$  é o transposto de  $A$ . Como  $P$  é uma matriz constante no tempo, sabe-se que  $\dot{P} = 0$ .

Desta forma através das LMIs representadas a seguir podemos representar um sistema assintoticamente estável seguindo o critério de Lyapunov. Estas LMIs são representadas por (7) e (8):

$$P > 0 \quad (7)$$

$$A'P + PA < 0 \quad (8)$$

Porém no caso da realimentação tem-se a condição (9):

$$u = K(x_d - x) = -Kx, \quad p/x_d = 0 \quad (9)$$

Desta forma, após a condição descrita referente à realimentação, são obtidas as LMIs:

$$P > 0 \quad (10)$$

$$(A - BK)'P + P(A - BK) < 0 \quad (11)$$

Reorganizando as equações e realizando algumas operações matemáticas na qual pode-se adotar  $W = P^{-1}$  e  $Z = K \cdot P^{-1}$  onde  $P^{-1}$  será o inverso da matriz  $P$ , são obtidas, finalmente, as LMIs para o sistema de malha fechada, dadas em (12) e (13):

$$W > 0 \quad (12)$$

$$WA' - Z'B' + AW - BZ < 0 \quad (13)$$

Por fim, após todas estas deduções, é possível projetar uma lei de controle que torna o sistema assintoticamente estável e, desta forma, é obtido o controlador com um ganho  $K$  que pode ser encontrado através de (14):

$$K = Z \cdot W^{-1} \quad (14)$$

### 1.3 Cadeira de Rodas

A cadeira de rodas na qual o conversor Buck é integrado trata-se de uma cadeira de rodas controlada por sopro e sucção, que é uma cadeira diferenciada desenvolvida para o auxílio de tetraplégicos. Geralmente, as manobras de uma cadeira de rodas elétrica é feita através de um *joystick*, porém o tetraplégico só tem o controle voluntário do músculo acima do pescoço, por isso foi utilizado um sensor colocado próximo a boca do usuário para que ele possa operá-la utilizando sopros e sucções. A cadeira possui dois motores de corrente contínua (DC) com acionamento independente, são

utilizados controladores PI para comandar os motores e um micro controlador para a interface com o usuário (GAINO et al., 2003).

Considerando uma função de transferência simplificada para os motores, onde  $E$  é a tensão da armadura,  $\omega$  é a velocidade angular,  $K$  é o ganho,  $m$  é a relação entre o eixo do motor e da roda e  $T$  é a constante de tempo do motor, o motor é descrito por:

$$H(s) = \frac{\omega(s)}{E(s)} = K \frac{m}{Ts + 1} \quad (15)$$

A ação de controle de um controlador proporcional-e-integral (PI) é definida por (16).

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt \quad (16)$$

A função de transferência do controlador PI é dada por (17).

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} \right) \quad (17)$$

onde  $T_i$  é chamado tempo integral e  $K_p$  representa o ganho proporcional. Tanto  $T_i$  como  $K_p$  são ajustáveis.

Implementando em *hardware* o controlador com o auxílio do Matlab/Simulink, o diagrama de blocos possui a estrutura mostrada na Figura 3 (GAINO et al., 2003).

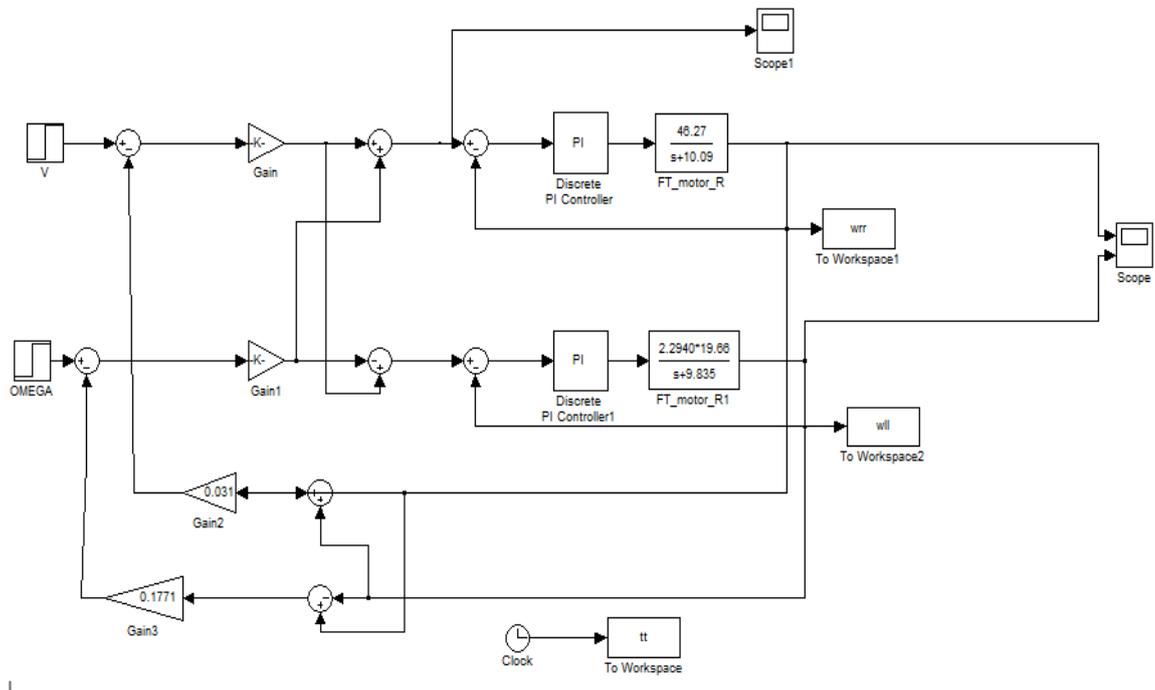


Figura 3 - Esquemático Simulink para o controle dos motores da cadeira de rodas (modificado de Gaiño et al. (2003).

## 2 | PARTICIPANTES E MÉTODOS

O *software* utilizado foi o Matlab, versão 2012a. Inicialmente, com o auxílio da teoria de espaço de estados foram encontradas as matrizes de estado do conversor Buck DC-DC, após isso com o auxílio do software Matlab foram aplicadas as LMIs sobre as matrizes de estado do conversor. Para isto foram utilizadas as LMIs da taxa de decaimento e do disco centrado em  $(-q, 0)$  com raio  $r$ , com o intuito de encontrar um controlador que fizesse com que a resposta da saída ficasse estável em um tempo desejado. Estas LMIs são apresentadas na Seção 3. Por fim, para comprovar a estabilidade, foi obtida a resposta à condição inicial do sistema.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro objetivo do trabalho foi encontrar as matrizes de estado do conversor Buck DC-DC mostrado na Figura 4 abaixo:

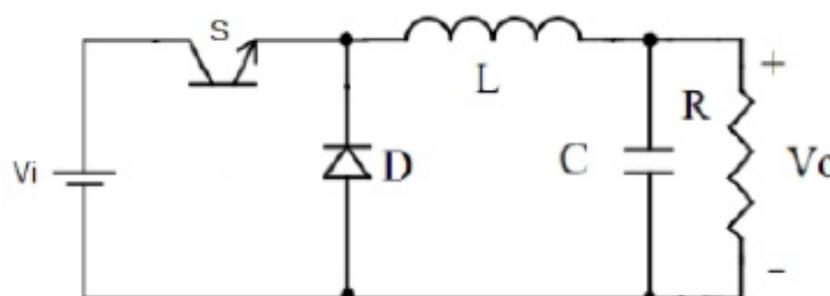


Figura 4 - Circuito do conversor Buck DC-DC

Resumindo o circuito da Figura 4, para facilitar os cálculos, considera-se o circuito representado na Figura 5 a seguir:

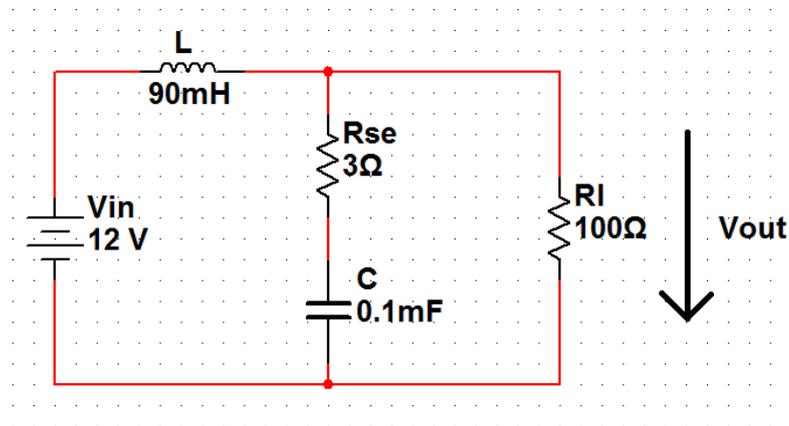


Figura 5 - Circuito do conversor Buck DC-DC estudado.

Na Figura 6, é mostrado Circuito de controle do conversor Buck, desenvolvido no laboratório por Rodrigo da Ponte Caun.

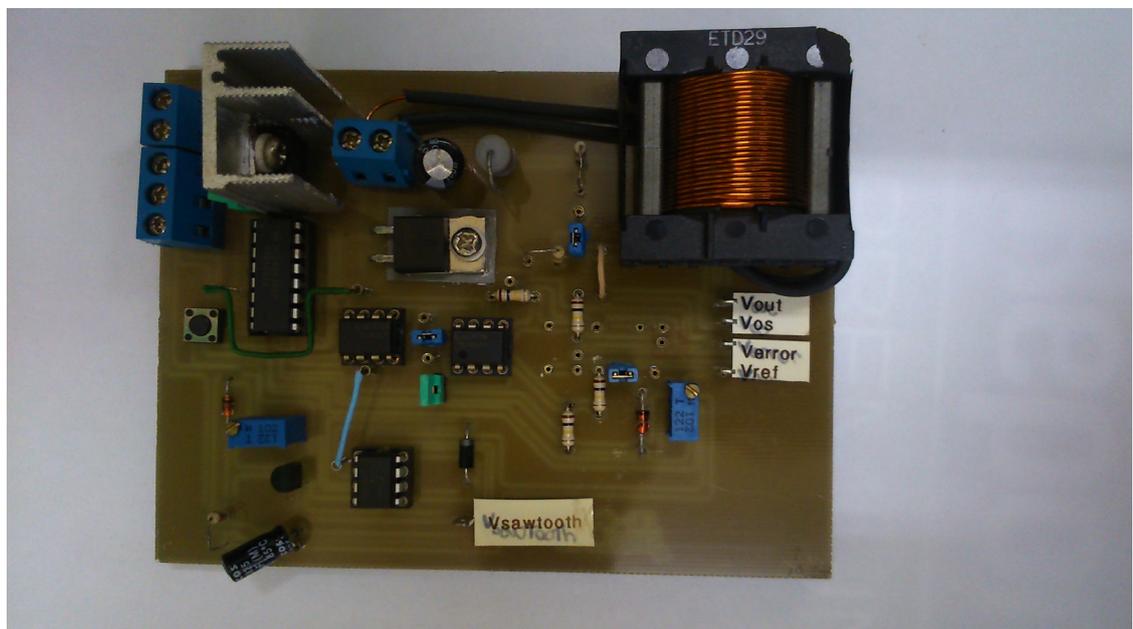


Figura 6 - Circuito de controle do conversor Buck, desenvolvido no laboratório por Rodrigo da Ponte Caun.

Analisando o circuito e aplicando as equações de estado, são realizados os seguintes cálculos para a entrada:

$$V_{in} = L \frac{di(t)}{dt} + R_L \left[ i(t) - C \frac{dV_C(t)}{dt} \right] \quad (18)$$

$$V_C(t) + C R_{se} \frac{dV_C(t)}{dt} = R_L \left[ i(t) - C \frac{dV_C(t)}{dt} \right] \quad (19)$$

sendo  $x_1 = i(t)$ , representado pela corrente que passa pelo indutor ( $L$ ) no circuito da Figura 5 e  $x_2 = V_C(t)$ , representado pela tensão em cima do capacitor ( $C$ ) na mesma figura, resultando-se em:

$$\begin{cases} V_{in} = L\dot{x}_1 + R_L(x_1 - C\dot{x}_2) \\ x_2 + CR_{se}\dot{x}_2 = R_L(x_1 - C\dot{x}_2) \end{cases} \quad (20)$$

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -\frac{1}{L} \frac{R_{se} R_L}{(R_{se} + R_L)} x_1 + \frac{1}{L} \frac{R_L}{(R_{se} + R_L)} x_2 + \frac{1}{L} V_{in} \\ \dot{x}_2 = x_1 \frac{R_L}{C(R_{se} + R_L)} - \frac{x_2}{C(R_{se} + R_L)} \end{cases} \quad (21)$$

Então, passando as equações do sistema acima para o sistema matricial, tem-se:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{L} \frac{R_{se} R_L}{(R_{se} + R_L)} & \frac{1}{L} \frac{R_L}{(R_{se} + R_L)} \\ \frac{R_L}{C(R_{se} + R_L)} & -\frac{1}{C(R_{se} + R_L)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} V_{in} \quad (22)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -32,36 & 10,79 \\ 9708,74 & 97,09 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 11,11 \\ 0 \end{bmatrix} V_{in} \quad (23)$$

Assim, os cálculos para a saída resultam em:

$$V_{out} = R_L(x_1 - C\dot{x}_2) \quad (24)$$

$$V_{out} = R_L \left( \frac{R_{se} x_1}{R_{se} + R_L} + \frac{x_2}{R_{se} + R_L} \right) \quad (25)$$

Passando para o sistema matricial tem-se:

$$y = \begin{bmatrix} \frac{R_L R_{se}}{R_{se} + R_L} & \frac{R_L}{R_{se} + R_L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad (26)$$

$$y = [2,91 \quad 0,97] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad (27)$$

Finalmente, o sistema referente ao conversor Buck é descrito pelas equações (3) e (4), cujas matrizes são:

$$A = \begin{bmatrix} -32,36 & 10,79 \\ 9708,74 & 97,09 \end{bmatrix} \quad (28)$$

$$B = \begin{bmatrix} 11,11 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (29)$$

$$C = [2,91 \quad 0,97] \quad (30)$$

$$D = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (31)$$

Para encontrar o controlador, foi utilizada a técnica de controle da realimentação de estados, que pode ser ilustrada através da Figura 7:

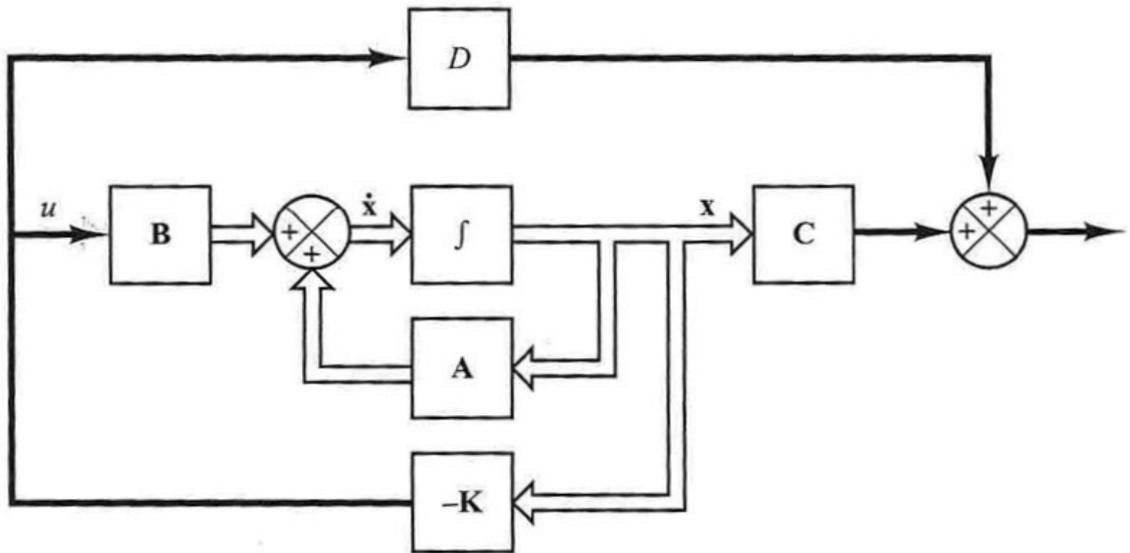


Figura 7 - Sistema de controle de malha fechada com  $u=-Kx$ .

Desta forma, através da técnica LMIs, dentro deste amplo conceito, foi utilizado como critério de índice de desempenho uma taxa de decaimento de  $g=10$ , de acordo com as seguintes LMIs (32) e (33):

$$W > 0 \quad (32)$$

$$WA' - Z'B' + AW - BZ < -2\gamma W \quad (33)$$

Define-se, também, um raio  $r=5$  referente ao disco centrado em  $(-q,0)$  de acordo a seguinte LMI (34):

$$\begin{bmatrix} -rX & q + AX \\ q + XA' & -rX \end{bmatrix} < 0 \quad (34)$$

Assim, o ganho do controlador K obtido foi:

$$K = [75416 \quad 885] \quad (35)$$

A ferramenta computacional utilizada nos cálculos foi o *software* MATLAB versão R2012a e o *script* (código) desenvolvido para gerar estes resultados é mostrado no Apêndice A, com todas as LMIs aplicadas e calculadas e por consequência o cálculo da matriz  $K$  do controlador.

Com o controlador encontrado o passo seguinte foi fazer os testes para saber se ele satisfazia a resposta em saída do sistema que era esperada. Para isto, como teste, foi utilizada a resposta à condição inicial, ou seja, para obter a resposta a uma dada condição inicial  $x(0)$ , foi substituído  $u = -K \cdot x$  na equação da planta, de acordo com (36):

$$\dot{x} = (A - BK)x, \quad x(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (36)$$

Foram, então, obtidas as curvas de respostas  $x_1$  versus  $t$  e  $x_2$  versus  $t$  obtendo  $x_1$  e  $x_2$  da seguinte forma:

$$x_1 = [1 \quad 0]x' \quad (37)$$

$$x_2 = [0 \quad 1]x' \quad (38)$$

O *script* (código) de Matlab que tornou esta demonstração possível se encontra no Apêndice B e o gráfico da resposta à condição inicial obtido pode ser visualizado a partir da Figura 8 a seguir:

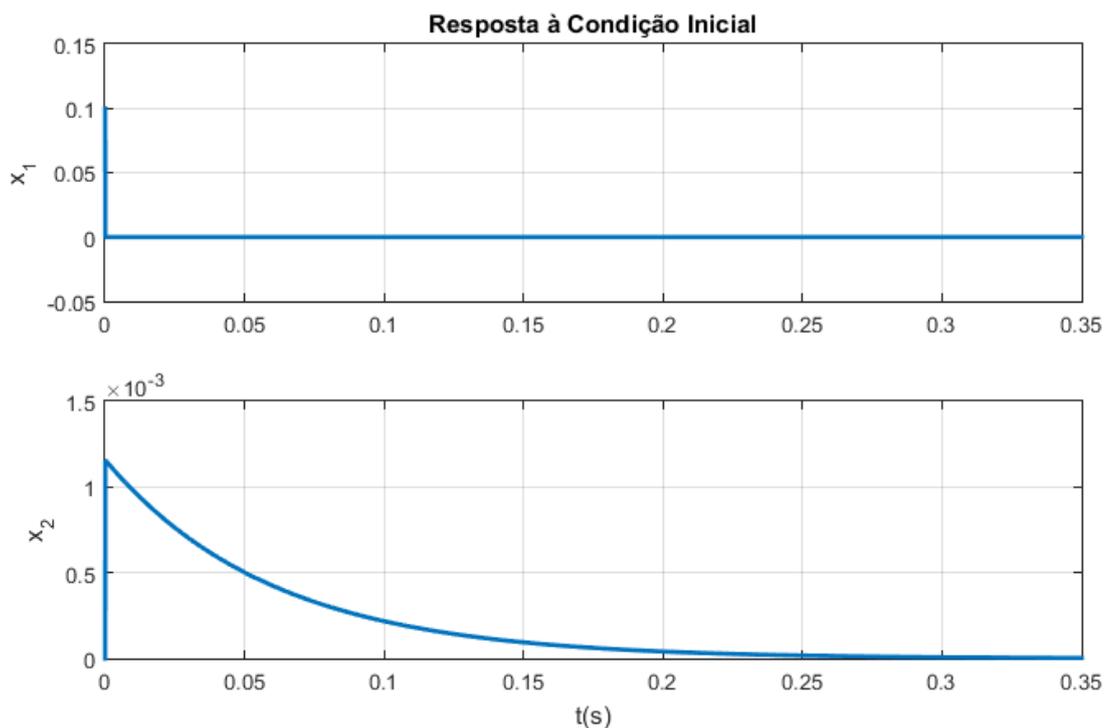


Figura 8 - Gráfico da resposta à condição inicial do sistema.

A partir do gráfico obtido, observa-se que o sistema após a adição do controlador se torna um sistema estável, onde  $x_1$  se estabiliza muito rapidamente e  $x_2$  se estabiliza após o tempo de 0,3s. Como resposta à condição inicial o sistema comporta-se corretamente, pois a convergência de  $A - B.K$  vai a zero quando o tempo  $t$  tende para o infinito, provando o que a teoria nos afirma sobre um sistema estável.

## 4 | CONCLUSÕES

Após todos os processos e desenvolvimentos apresentados sobre o trabalho, pode-se concluir que a resposta de saída do conversor Buck DC-DC tornou-se perfeitamente estável.

Com o auxílio da técnica de controle por LMIs, através das matrizes de estado encontradas perante o conversor Buck DC-DC, foi encontrada uma matriz ganho  $K$ , que foi utilizada como controlador para o sistema, e após os testes perante a resposta à condição inicial foi contemplado que o sistema estava estabilizado devido à condição da convergência de  $A-BK$  ir a zero de acordo com que o tempo tende para infinito, provando através da teoria que o sistema ficou estável.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à Fundação Araucária e à Universidade Estadual de Londrina (PROIC).

## REFERÊNCIAS

AGUIRRE, L. A., **Enciclopédia de automática: Controle e Automação**, volume 1, editores associados: BRUCIAPAGLIA, A. H., MIYAGI, P. E., TAKAHASHI, R. H. C., 1 ed, São Paulo: Blucher, 2007.

DORF, R.; BISHOP, R. **Sistemas de controle modernos**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2001.

GAINO, R., GERMANOVIX, W., SUZUKI, I., SOBRINHO, A. S. F.(2003). Implementação e análise do controle de uma cadeira de rodas através de sopros e sucções. In: **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente**, Bauru, Setembro 2003.

MARTINS, D. C., BARBI, I., **Conversores CC-CC Básicos Não-Isolados**. 2ed. Florianópolis: Edição dos Autores, 2006.

OGATA, K. **Engenharia de Controle Moderno**. 5 ed. Pearson Brasil, 2011.

## APÊNDICE A: CÓDIGO DO MATLAB DESENVOLVIDO PARA CALCULAR A LEI DE CONTROLE COM BASE EM LMIS:

%declara as matrizes de estado do sistema do conversor Buck

```

A=[-32.36 10.79;9708.74 97.09];
B=[11.11; 0];
%declara a taxa de decaimento
gama=10;
%declara o valor do raio r
r=5;
setlmis([]);
%declara as variáveis W e Z das LMIs
W=lmivar(1,[2 1]);
Z=lmivar(2,[1 2]);
%declara a primeira LMI: W>0
lmiterm([-1 1 1 W],1,1);
%declara a segunda LMI (considerando a taxa de decaimento):
%W.A'-Z'.B'+A.W-B.Z<-2.gama.W
lmiterm([2 1 1 W],A,1,'s');
lmiterm([2 1 1 Z],B,1,'s');
lmiterm([-2 1 1 W],-2*gama*1,1);
%declara a LMI do disco centrado em (-q,0) com raio r
lmiterm([3 1 1 W],-r,1);
lmiterm([3 2 1 W],1,A');
lmiterm([3 2 1 -Z],1,B');
lmiterm([3 2 2 W],-r,1);
lmire=getlmis;
%calcula W e Z que satisfazem as inequações
[tmin,xo]=feasp(lmire);
Wf=dec2mat(lmire,xo,W)
Zf=dec2mat(lmire,xo,Z)
%realiza o calculo do controlador
K=Zf*inv(Wf)

```

## **APÊNDICE B: CÓDIGO DO MATLAB DESENVOLVIDO PARA ENCONTRAR A RESPOSTA REFERENTE À CONDIÇÃO INICIAL:**

```

%Resposta à condição inicial
A=[-32.36 10.79;9708.74 97.09];
B=[11.11; 0];
K=[75416 885];
sys=ss(A-B*K,eye(2),eye(2),eye(2));
t=0:0.0001:0.35;
x=initial(sys,[0.1;0],t);

```

```
x1=[1 0]*x';  
x2=[0 1]*x';  
subplot(2,1,1);plot(t,x1),grid  
title('Resposta à Condição Inicial')  
ylabel('x_{1}')  
subplot(2,1,2);plot(t,x2),grid  
ylabel('x_{2}')  
xlabel('t(s)')
```

## METODOLOGIA PARA A CRIAÇÃO DE UMA ROTINA DE SIMULAÇÃO NUMÉRICA EM IMPLANTES DE QUADRIL

### **Jorge Arturo Hinostroza Medina**

Instituto Nacional de Tecnologia (INT)

Rio de Janeiro - Rio de Janeiro

### **Bianca Aleixo**

Universidade Federal Fluminense (UFF)

Niterói - Rio de Janeiro

### **Claudio Teodoro dos Santos**

Instituto Nacional de Tecnologia (INT)

Rio de Janeiro - Rio de Janeiro

### **Rafael de Abreu Vinhosa**

Instituto Nacional de Tecnologia (INT)

Rio de Janeiro - Rio de Janeiro

### **Mauricio de Jesus Monteiro**

Instituto Nacional de Tecnologia (INT)

Rio de Janeiro - Rio de Janeiro

### **Ieda Vieira Caminha**

Instituto Nacional de Tecnologia (INT)

Rio de Janeiro - Rio de Janeiro

### **André Maués Brabo Pereira**

Universidade Federal Fluminense (UFF)

Niterói - Rio de Janeiro

**RESUMO:** Recentemente no Brasil, devido ao envelhecimento da população, ocorreu um aumento significativo no uso de implantes de quadril, os quais precisam ter uma resistência mecânica e resistência à corrosão adequadas. Por tanto, testes mecânicos e análise de falhas são de extrema importância. De forma

a assegurar sua eficácia e segurança, estes testes demandam o uso de muitas amostras, as quais nem sempre se encontram disponíveis. Ferramentas avançadas para digitalização da geometria de peças tornaram-se importantes para o projeto e criação de protótipos de novos implantes, bem como para a simulação de testes de amostras comercialmente disponíveis, implicando em redução de tempo e custos. No presente trabalho é apresentada uma metodologia para criação de uma rotina de simulação numérica de implantes de quadril. São comparados três métodos de digitalização de imagem: desenho assistido por computador (CAD), escaneamento 3D (E3D) e microtomografia computadorizada de raios X ( $\mu$ CT). A partir dos resultados destas técnicas criou-se uma rotina de simulação pelo método dos elementos finitos (MEF) visando reproduzir as condições de carregamento e deformação nos implantes. Os resultados mostraram que a  $\mu$ CT é o método de digitalização com a melhor qualidade, porém demanda maior tempo devido ao tamanho do implante. O E3D mostrou-se um método muito dependente da resolução do escâner e da habilidade do operador no escaneamento e pós-processamento da imagem. O CAD é o método mais rápido entre os três, porém o de menor confiabilidade, uma vez que pode agregar incertezas devido ao instrumento de medição e devido à habilidade

do projetista.

**PALAVRAS-CHAVE:** Implantes de quadril, micro tomografia, escâner 3D, simulação, Elementos Finitos.

**ABSTRACT:** Recently in Brazil, due to the aging of the population, there has been a significant increase in the use of hip implants, which must have good mechanical and corrosion resistance. Thus, mechanical tests of these implants are extremely important to avoid failure. In order to ensure its effectiveness and safety, these tests require the use of many specimens, which are not always available. Advanced tools for scanning geometry of objects have become important for the process of design and creation of prototypes of new implants, as well as for the simulation of implants, leading to reduced time and costs. This paper presents a methodology for the creation of a numerical simulation routine of hip implants. Three methods of image scanning are compared: Computer Aided Design (CAD); 3D scanning (3DScan); and Micro Computed Tomography ( $\mu$ CT). From the results of these techniques a simulation routine was created by the finite element method (FEM) to reproduce the different loading and deformation conditions in the implants. The results showed that  $\mu$ CT is the scanning method with the best quality, but it demands longer time due to the size of the implant. The 3DScan method showed to be very dependent on the resolution of the scanner and the ability of the operator to scan and post-process the raw image. CAD is the fastest method among the three, but it is the less reliable method, since it can add uncertainties due to the measuring instrument and due to the ability of the designer.

**KEYWORDS:** Hip prosthesis, micro tomography, 3D scanning, simulation, FEM.

## 1 | INTRODUÇÃO

O crescimento da população e da expectativa de vida levou ao aumento do número de pessoas afetadas por acidentes ou doenças. Como consequência, houve um aumento significativo no uso e na demanda de implantes cirúrgicos para a substituição ou reparação de ossos ou dentes (BARBOSA et. al, 2009). No seu ciclo de vida, estes implantes são submetidos a diferentes tipos de cargas e deformações, por isto precisam ter resistência mecânica adequada ao serviço. Além disso, devido ao ambiente de trabalho (corpo humano) precisam ter boa resistência à abrasão e resistência à corrosão.

O objeto de estudo deste trabalho, o implante total de quadril é formado por três componentes básicos: uma haste metálica, a qual é fixada dentro do canal femoral (com ou sem cimento ósseo); uma esfera de metal ou de cerâmica que substitui a cabeça do fêmur; e o acetábulo, normalmente feito de metal com a região interna de polietileno de alta densidade, cerâmica ou metal (SIMIONI, 2012). Na Fig. 1 são mostrados os componentes do implante de quadril.

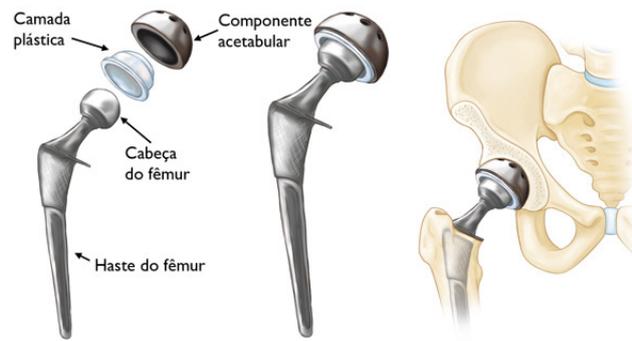


Figura 1. Componentes do implante de quadril (Fonte: [www.orthoinfo.aaos.org](http://www.orthoinfo.aaos.org).)

Para garantir o bom desempenho dos implantes, testes de laboratório são feitos no intuito de reproduzir as solicitações mecânicas e o meio de aplicação. O Laboratório de Caracterização de Propriedades Mecânicas e Microestruturais (LACPM) do INT possui infraestrutura e experiência necessárias para a realização de ensaios mecânicos e de corrosão em implantes ortopédicos, sendo o ensaio de fadiga-corrosão o mais utilizado para avaliação da estabilidade mecânica e resistência a corrosão de implantes de quadril. O ensaio de corrosão por atrito é realizado em um implante real com forças simulando as solicitações mecânicas no corpo durante um número de ciclos, que é superior ao previsto para o tempo em serviço no corpo humano. Na Fig. 2 é mostrado o esquema de um ensaio de corrosão por atrito realizado no LACPM.

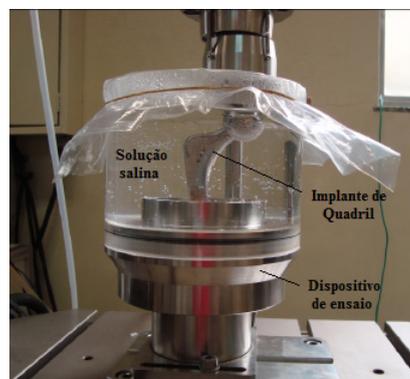


Figura 2. Esquema de ensaio de fadiga - corrosão (Fonte: Os autores).

Os testes que visam avaliar a resistência dos implantes, no entanto, são longos e dispendiosos, podendo levar semanas ou até meses para serem finalizados. Uma redução considerável de custo, tempo e recursos consumidos pode ser obtida com a utilização de ferramentas de simulação numérica. A simulação numérica das condições de carga e deslocamento dos implantes requer um modelo tridimensional, ou seja, a captura da sua geometria, a qual é complexa e varia de acordo com o fabricante. Dados das dimensões dos implantes são limitados e muitas vezes restritos, o que torna ainda mais difícil a modelagem. No intuito de modelar a geometria destes implantes são estudadas as seguintes técnicas de captura de geometria: desenho assistido por computador (CAD), escaneamento 3D (E3D) e microtomografia computadorizada de

raios X ( $\mu$ CT). Estas técnicas são utilizadas, comparadas e validadas com a finalidade de se conhecer as vantagens e desvantagens na captura da geometria de implantes de quadril. Neste trabalho será desenvolvida uma rotina de captura de geometria, discretização do modelo e simulação numérica de próteses de quadril de aço inoxidável. A Fig. 3 mostra o diagrama seguido neste estudo.

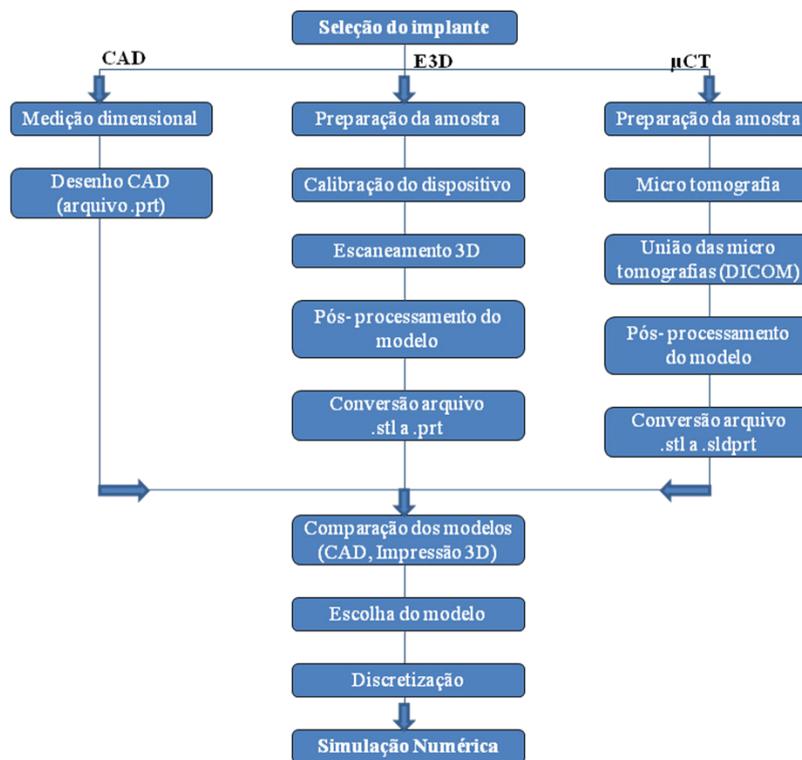


Figura 3. Diagrama desenvolvido neste estudo  
(Fonte: Adaptado de AZARI et al., 2008 e JUN et al., 2010).

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Amostra de Implante de Quadril

Na Fig. 4 é mostrado o implante de quadril a ser avaliado neste estudo. O conjunto cabeça-haste é feito de aço inoxidável UNS S31673 (ASTM F138). A prótese usada é nova, indicada para artroplastia usando cimento ósseo (superfície polida)(ORTEGA et al., 2016).



Figura 4. Implante de quadril (Fonte: Os autores)

## 2.2 Desenho CAD

O software usado para o desenho CAD do implante foi o SolidWorks 2016. As medidas foram tomadas usando um paquímetro calibrado (Fig. 5). O esquema de desenho foi feito baseado nas uniões das seções transversais do implante, usando a ferramenta “loft”. Tanto o esquema de desenho quanto o desenho final e renderizado são mostrados na Fig. 6.



Figura 5. Esquema de medição

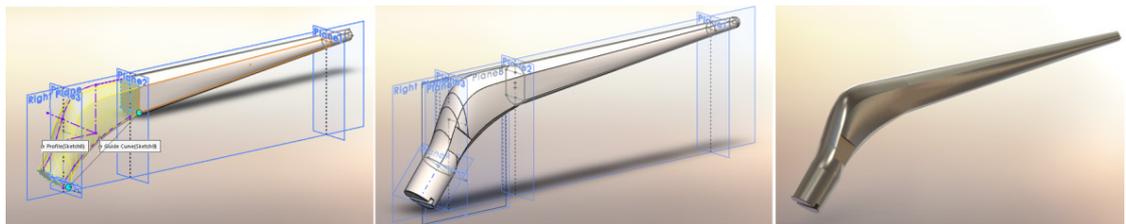


Figura 6. Esquema de desenho CAD do implante e imagem renderizada.

## 2.3 Escaneamento 3D (E3D)

Como o implante possui a superfície polida e reflexiva, foi necessário cobri-la com tinta fosca para reduzir reflexos que prejudicam a captura da geometria, conforme mostrado na Fig. 7.



Figura 7. Pintura do implante.

Foi utilizado o escâner óptico 3D de luz estruturada da marca Range Vision, modelo HD. A unidade óptica é composta por duas câmeras digitais com 1,8 MP e

um projetor de luz branca Vivitek HD 1085 (resolução 1920x1080). O campo de visão usado foi de 50 cm (x) x 60 cm (y) x 50 cm (z) e a resolução espacial conseguida foi de 0,0012 mm. Os softwares usados para o processamento das imagens foram o Scan Center v. 2014 e o Scan Merge v.2014. Na Fig. 8 é mostrado o Escâner 3D, o processo de calibração do equipamento e o processamento de imagens.

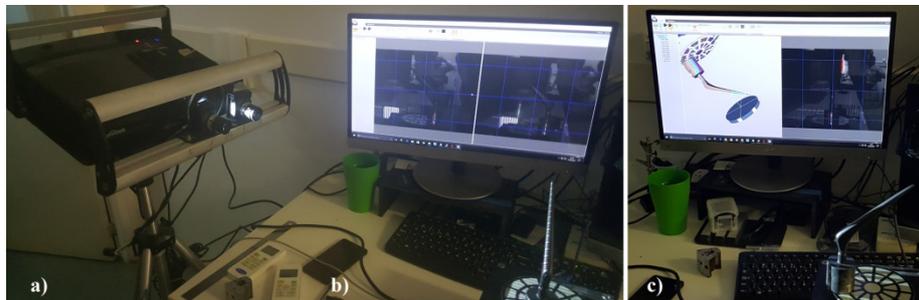


Figura 8. a) Escâner 3D, b) Calibração, c) Processamento de imagens

Após processamento, foram gerados arquivos em formato *.stl* e posteriormente convertidos a formato *.sldprt* no software SolidWorks. Neste software foi corrigida a superfície do topo do cone da haste, a qual não pode ser escaneada por encontrar-se colada à base de apoio, conforme mostrado na Fig. 9. Finalmente, na Fig. 10 é mostrado o modelo final e sua respectiva imagem renderizada.

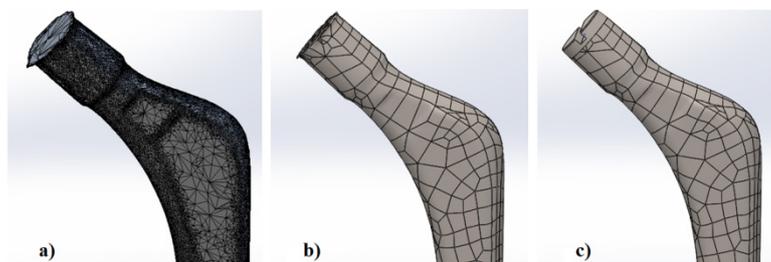


Figura 9. a) Imagem formato *.stl*, b) Imagem formato *.sldprt*, c) Superfície do topo completada.



Figura 10. a) Modelo final (CAD), b) Imagem renderizada.

## 2.4 Microtomografia Computadorizada ( $\mu$ CT)

Na Fig. 11 são mostradas as etapas de preparação da base de apoio do implante que foi fixada ao suporte do microtomógrafo. A resina de polimetilmetacrilato (PMMA), da marca Dencrilon é preparada a partir de uma parte líquida (monômero) e uma parte em pó (polímero) na proporção de 1:2 respectivamente. O equipamento usado

para tomografar o implante foi o microtomógrafo da Marca XRadia, modelo Versa XRM 510 (localizado no departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense - UFF Niterói). Este equipamento permite gerar imagens de projeção de raios X e converter este conjunto de imagens em seções que representam uma imagem tridimensional (PEREIRA et al., 2016). Os principais parâmetros usados foram: voltagem de 80 kV, Potência de 7 W, resolução de  $51,5 \mu\text{m}$ ., e fatias com  $51,5 \mu\text{m}$ . de espessura.



Figura 11. Esquema de preparação da base de apoio do implante.

O implante escaneado apresenta dimensões relativamente grandes (150 mm. aprox. de altura), impedindo que o escaneamento fosse feito com a peça na posição vertical e em apenas uma tomografia. Para isto, diversos arranjos de inclinação e quantidade de tomografias foram realizados, com o intuito de obter uma boa combinação entre tempo de aquisição e qualidade da imagem (resolução). O melhor arranjo entre angulação e quantidade de microtomografias é apresentado na Fig. 12.

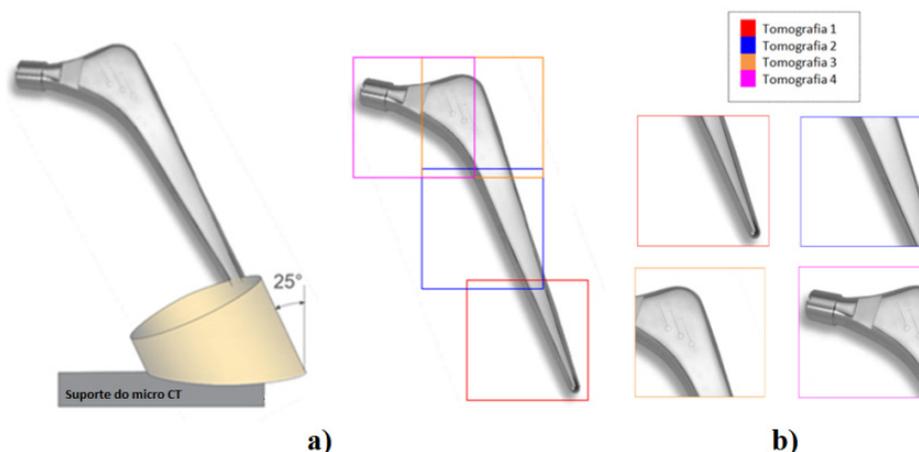


Figura 12. a) Arranjo entre angulação; b) Quantidade de tomografias do implante.

Na Fig. 13 são mostradas algumas seções capturadas nas 4 tomografias realizadas no implante, no total foram geradas 1012 fatias por tomografia, totalizando 4048 imagens. Já na Fig. 14 é mostrado um esquema do pós processamento, união das 4 tomografias e geração da geometria final. O software utilizado para o processamento das imagens foi o Avizo Fire v. 8.1.

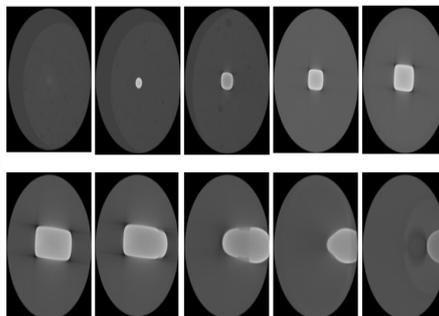


Figura 13. Seções capturadas nas tomografias feitas no implante.

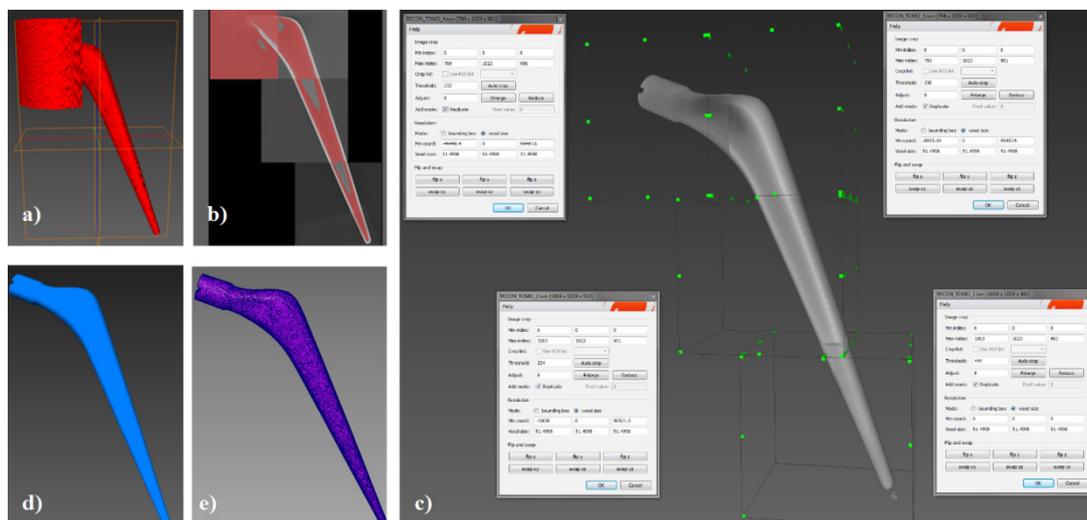


Figura 14. a) e b) Segmentação, c) e d) União das tomografias, e) Geração da geometria final.

Após processamento, os arquivos foram salvos em formato **.stl** e convertidos para o formato **.sldprt** (Fig. 15), tal como foi realizado nas imagens escaneadas. Finalmente, na Fig. 16 é mostrado o modelo final e sua respectiva imagem renderizada.

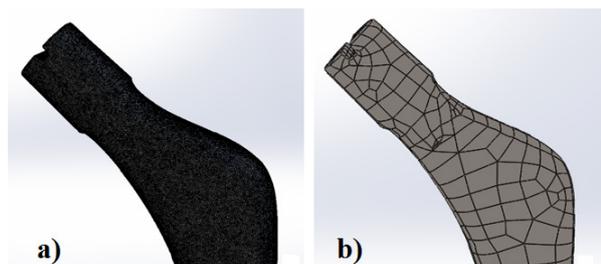


Figura 15. a) Imagem formato **.stl** , b) Imagem formato **.sldprt**.

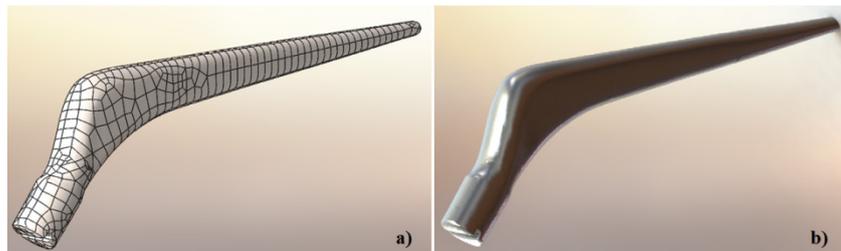


Figura 16. a) Modelo final (CAD) b) imagem renderizada.

## 2.5 Comparações entre os modelos

Na Fig. 17 são mostrados os três modelos obtidos a partir das técnicas estudadas. Uma comparação inicial foi realizada considerando os volumes geométricos dos modelos em relação ao volume real da amostra. Já na Tabela 1 são mostrados os volumes geométricos e massas dos modelos, os que foram obtidos diretamente no software SolidWorks, enquanto que o volume da amostra real foi calculado considerando a massa medida em uma balança eletrônica e a densidade obtida pela técnica de difração de raios X (média de 7,80 g/cm<sup>3</sup>). Na Tabela 2 é mostrada a comparação de volumes em % dos modelos obtidos em relação à amostra real.

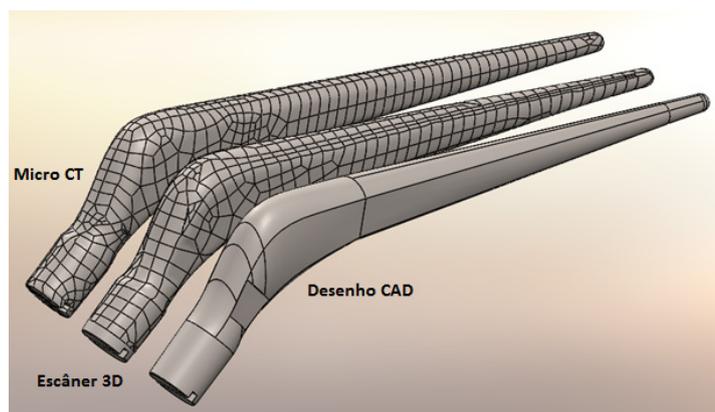


Figura 17. Modelos obtidos em desenho CAD, escâner 3D e Micro CT.

	Amostra Real (1)	Scan 3D (2)	CAD (3)	Micro CT (4)
Volume (mm <sup>3</sup> )	18339,0	18110,7	18408,2	18000
Peso (g)	144,0	142,3	144,6	141,4

Tabela 1. Volumes e pesos obtidos.

$\Delta$ Volume 1-2 (%)	1,3
$\Delta$ Volume 1-3 (%)	0,4
$\Delta$ Volume 1-4 (%)	1,9

Tabela 2. Comparação dos volumes dos modelos obtidos em relação à amostra real.

Os modelos foram impressos usando uma impressora 3D da marca Up Box, tipo FDM (Fused Deposition Modeling), o software usado foi o Up Studio v.2.18 e o material de impressão foi o copolímero ABS. Então, foi realizada uma comparação visual e de

suas medidas finais verificando a semelhança aparente entre os modelos. Na Fig. 18 são mostrados os três modelos impressos, a partir de cada técnica estudada, e a amostra real. Após as comparações visuais e no software CAD foi observado que os três modelos são muito próximos ao real, em dimensões e detalhes, sendo que existe uma ligeira vantagem do E3D e  $\mu$ CT (principalmente em detalhes) em comparação ao modelo obtido por CAD. Isto pode variar de acordo com a complexidade da amostra a ser desenhada ou ao tratamento realizado após o escaneamento ou tomografia. Assim, para esta geometria em particular, foi escolhido o modelo E3D pela rapidez na obtenção da geometria.



Figura 18. a) Modelo impresso a partir de desenho CAD, b) Modelo impresso a partir de escaneamento 3D, c) Modelo impresso a partir de micro CT, d) Amostra Real.

## 2.6 Simulação numérica

Na Tabela 3 são mostradas as principais propriedades mecânicas do aço do implante (UNS S31673), as quais foram usadas na simulação numérica.

Modulo de Elasticidade	200 GPa
Coefficiente de Poisson	0,27
Resistência ao Escoamento	325 MPa
Resistência à Ruptura	440 MPa

Tabela 3. Propriedades Mecânicas do aço inox. UNS S31673.

Após escolhido o modelo, foram analisadas as condições de posição, carga e fixação dos implantes. A configuração, carga e posicionamento dos implantes para ensaios que visam calcular a resistência a fadiga é definida na norma ABNT NBR ISO 7206-4:2016 “Implantes para cirurgia - Próteses parcial e total de articulação de quadril. Parte 4: Determinação de propriedades de resistência à fadiga e desempenho de componentes femorais com haste”. Segundo este documento, a angulação e a posição do implante em relação à base deve ser como mostrado na Fig. 19.

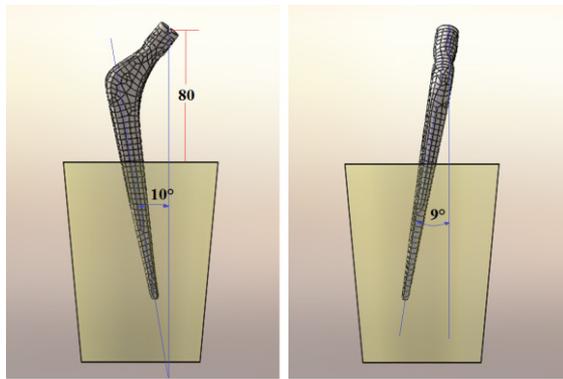


Figura 19. Angulação e posição do implante em relação à base (dimensões em mm.)

As condições de restrição foram feitas seguindo a norma ASTM F2996-13 “Standard Practice for Finite Element Analysis (FEA) of Non-Modular Metallic Orthopaedic Hip Femoral Stems”, onde é recomendado realizar um corte 10 mm abaixo do plano do cimento ósseo, como mostrado na Fig. 20. Na simulação, esta superfície terá restrição de deslocamento tridimensional (engastada).

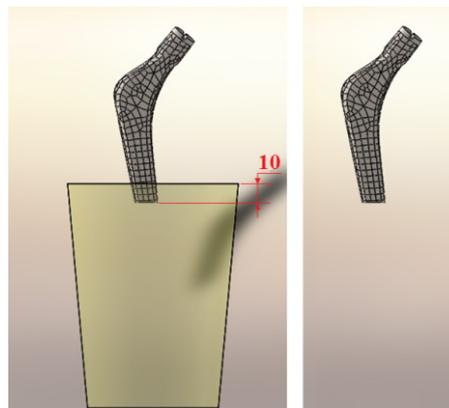


Figura 20. Corte do modelo segundo a norma ASTM F2996-13 (dimensões em mm).

A discretização da geometria é realizada usando elementos sólidos 3D, tetraédricos de tamanho médio 1,5 mm, como mostrado na Fig. 21. Nesta mesma imagem são apresentadas as condições de força e restrição do modelo. A carga foi aplicada na área de contato entre o pescoço e a cabeça.

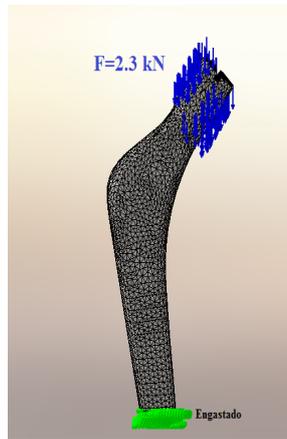


Figura 21. Discretização, condições de contorno e carregamento no implante.

Na Fig. 22 é apresentada a distribuição de tensões de von Mises no implante analisado. Pode-se observar que as tensões máximas encontram-se na região de engaste do implante, tanto na parte submetida a compressão quanto na submetida a tração. Estes valores são superiores ao limite de escoamento (325 MPa), o que significa que houve plastificação da peça nesta região, o que coincide com os testes feitos em laboratório, mas as tensões não chegaram ao limite de ruptura. O deslocamento vertical da parte do pescoço onde é aplicada a carga atingiu o valor máximo de 0,45 mm.

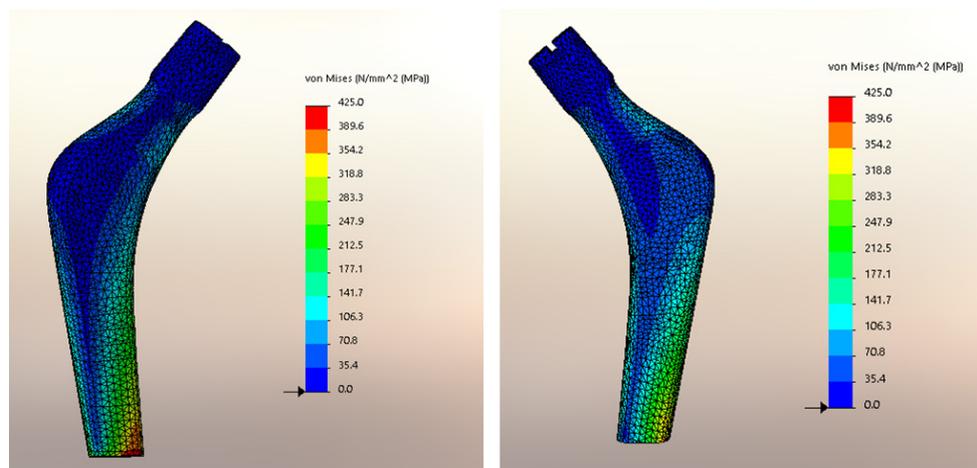


Figura 22. Distribuição de tensões

### 3 | CONCLUSÃO

A captura da geometria do implante de quadril de aço inoxidável pode ser realizada por quaisquer das três técnicas estudadas (CAD, E3D e  $\mu$ CT). A  $\mu$ CT mostrou-se visualmente como a técnica mais confiável para capturar detalhes na peça, porém este método demanda maior tempo e recursos. O E3D é um método muito dependente da resolução do escâner, da habilidade do operador no escaneamento,

das características da peça (tamanho, brilho, detalhes) e do pós-processamento da imagem. Finalmente o desenho CAD é o método de captura mais rápido e simples, porém o de menor confiabilidade, uma vez que pode agregar incertezas devido ao instrumento de medição e depende muito da habilidade do projetista e da complexidade da peça. Todas estas considerações, somadas às comparações visual e de volume, permitiram escolher (no caso específico do implante de quadril avaliado) o modelo E3D para realizar o discretizado da geometria e simular as condições de carga do implante. As simulações realizadas mostraram uma concentração de tensão na parte distal do implante (próxima ao ponto de engaste), com valores de tensão de von Mises superiores ao limite de escoamento, o que coincide com os resultados dos ensaios feitos em implantes reais. Os deslocamentos verticais também foram comparados aos reais, obtendo-se valores similares.

## REFERÊNCIAS

AZARI A., NIKZAD S. **Computer-assisted implantology: historical background and potential outcomes - a review.** Int. J. Med. Robotics Comput. Assist. Surg., 95-104, 2008.

BARBOSA C., VIEIRA CAMINHA I., DE CERQUEIRA ABUD I. **Premature Failure in Orthopedic Implants: Analysis of Three Different Cases.** J. Fail Anal Prev. [Internet], 67-7, 2009.

JUN Y. e CHOI K. **Design of patient-specific hip implants based on the 3D geometry of the human femur.** Advances in Engineering Software 41, 537-547, 2010.

ORTEGA P., DOS SANTOS C., VIEIRA CAMINHA I., MONTEIRO M., DE CERQUEIRA ABUD I., DOS SANTOS V., ROESLER R. (2016). **Caracterização Química e Microestrutural de hastes demorais modulares fabricados em aço inoxidável ABNT ISO 5832-9.** 71º Congresso Anual da ABM, Rio de Janeiro, Brasil, 2016.

PEREIRA A., LEIDERMAN R., ALMEIDA R., BAGUEIRA R. **Experiências na engenharia da UFF com micro tomógrafo de raios X”, XXXVII Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering.** Brasília, Brasil.

SIMIONI S. **Manual da qualidade de implante em artroplastia de quadril.** 1st ed. Curitiba, 106 p., 2012.

## DESENVOLVIMENTO DE UM ELETROMIÓGRAFO PARA AVALIAR PADRÕES DE RESPOSTAS MUSCULARES E EFICÁCIA DE TRATAMENTOS

**Suany dos Santos Chagas**

Faculdade Estácio de Belém  
Belém-Pará

**Deriks Karlay Dias Costa**

Universidade Federal do Pará  
Belém-Pará

**Wellington José Figueiredo de Lima**

Faculdade Ideal FACI-Wyden  
Belém-Pará

**Luciana de Azevedo Vieira**

Faculdade Ideal FACI-Wyden  
Belém-Pará

**Rildo Cesar Dias Arrifano**

Faculdade Estácio de Belém  
Belém-Pará

**Kleiber Tenório de Sousa**

Universidade Federal do Pará  
Belém-Pará

**RESUMO:** A eletromiografia é uma técnica valiosa para estudar e avaliar a fisiologia neuromuscular e diagnosticar desordens neuromusculares é uma ferramenta importante nesta análise clínica e bastante utilizada para revelar informações relacionadas ao estado de ativação do músculo tanto de origem inflamatória quando de origem degenerativa. Doenças metabólicas que promovam distúrbios nos músculos também podem ser

analisadas. Como solução, o artigo relata a construção de um projeto tem como objetivo fornecer um aparelho voltado para medir os estímulos neuromusculares, o qual trará para a comunidade acadêmica uma solução de baixo custo e excelente qualidade para a aquisição de sinais bioelétricos para diversas finalidades de estudo e pesquisa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eletromiografia, Arduino, Monitoração.

**ABSTRACT:** Electromyography is a valuable technique to study and evaluate neuromuscular physiology and to diagnose neuromuscular disorders is an important tool in this clinical analysis and widely used to reveal information related to the state of activation of the muscle both of inflammatory origin and of degenerative origin. Metabolic diseases that promote disorders in the muscles can also be analyzed. As a solution, the article reports the construction of a project aims to provide a device aimed at measuring the neuromuscular stimuli, which will bring to the academic community a low cost solution and excellent quality for the acquisition of bioelectrical signals for various purposes of study And research.

**KEYWORDS:** Electromyography, Arduino, Monitoring.

## 1 | INTRODUÇÃO

A ciência e a tecnologia nos trouxeram muitas novidades nas últimas décadas, o que facilitou o acesso a pesquisas e inovações que não eram imaginados em tempos anteriores, com isso vive-se em constante evolução, e com esse avanço tecnológico no mundo atual, a tecnologia tem se apresentado como o principal fator de progresso e de desenvolvimento em diversas atividades. E por que não utilizar dessa tecnologia para o aprimoramento da máquina mais perfeita que é o ser humano.

O estudo de fenômenos bioelétricos que acontecem nas membranas celulares de fibras musculares do esqueleto é chamado Eletromiografia (EMG) e através deste estudo, pode-se chegar ao diagnóstico de uma série de doenças e também se pode analisar o comportamento de músculos em diferentes situações.

Imagine que você está vivendo num apartamento com paredes especialmente finas e seu vizinho está dando uma festa. Do seu apartamento, parece que existem grupos de conversa na porta ao lado, e você está se perguntando quem está na festa, quantas pessoas são, se são homens ou mulheres, e assim por diante. As conversas, mas próximas à parede são mais fáceis de escutar e as vozes soam um pouco diferente daquelas mais profundas na sala. Um rádio está tocando, então é um pouco difícil escutar as conversas e, quanto mais pessoas entram na festa, tudo fica mais alto.

O desafio de gravar e interpretar a atividade eletromiografia (EMG) é análogo ao desafio enfrentado nesse apartamento de paredes finas. Se for gravar a partir da superfície da pele (a parede), as fibras musculares superficiais mais próximas a pele (vozes mais próximas à parede) contribuem com mais atividade do que aquelas mais distantes dos eletrodos de superfície. Grupos de unidades motoras (análogas aos grupos de conversação humana) fazem contribuições próprias ao sinal EMG. Quanto mais unidades motoras participam na contração muscular (mais pessoas entram na sala), mais o sinal EMG aumenta em amplitude. Numerosas fontes de ruído (como a música de fundo) podem tornar difícil a interpretação do sinal EMG. [1]

Pode-se identificar que estudo utilizando a eletromiografia é uma ferramenta importante na análise clínica da marcha e bastante utilizada para revelar informações relacionadas ao estado de ativação do músculo tanto de origem inflamatória quanto de origem degenerativa. Doenças metabólicas que promovam distúrbios nos músculos também podem ser analisadas.

Fisioterapeutas utilizam a eletromiografia para avaliar padrões de respostas musculares e eficácia de tratamentos. Na área de educação física é um exame bastante utilizado durante a verificação das melhores posições para trabalhar certos músculos. Pode também ser feito para que se estabeleça o ponto de fadiga de cada pessoa, evitando assim lesões e protegendo o atleta. Fonoaudiólogos monitoram a evolução do tratamento através da eletromiografia dos músculos da face. Na Odontologia é muito utilizado para investigar causas de dores e para avaliar o correto funcionamento dos músculos da ATM. Este é, portanto, um procedimento que pode ser realizado com

diversas finalidades.

A viabilidade econômica para o desenvolvimento pesquisa acadêmicas sobre este assunto, justifica-se em relação aos preços e as dificuldades de assistência técnica, tendo em vista que um equipamento de EMG com custo mínimo de R\$ 400,00 podendo chegar a valores até de R\$ 19 mil reais no mercado brasileiro. O presente artigo aborda o desenvolvimento de uma placa simples e acessível para a aquisição de sinais bioelétricos, com o objetivo de fornecer uma solução para medir os estímulos neuromusculares, dispondo assim para a população e comunidade científica uma forma de construir um aparelho de EMG muito preciso e de baixo custo, possibilitando o acesso para uso pessoal, profissional ou acadêmico em vários campos de uso e estudos que a eletromiografia pode abranger.

## 2 | RECURSOS UTILIZADOS

### 2.1 Amplificador

O Amplificador são amplificadores diferenciais DC de alto desempenho: alto ganho, alta impedância de entrada, baixa impedância de saída e grande resposta em frequência. Foram criados para implementar computadores analógicos, executando operações matemáticas com valores de tensões como operandos e resultados. São muito usados em instrumentação e equipamentos eletrônicos em geral.

Amplificador de instrumentação AD620 da *Analog Devices* a qual sera utilizado se caracterizam por ter uma entrada diferencial e uma elevadíssima impedância de entrada que é conseguida reduzindo-se o ganho da primeira etapa, normalmente funcionando como seguidor de tensão.

### 2.2 Filtros

Os Filtros existentes nos circuitos eletrônicos dentro do amplificador que alteram o conteúdo de frequência do sinal. Como esses circuitos permitem passar certas frequências enquanto atenuam outras, eles são chamados de filtros analógicos.

O filtro passa-alta e o passa-baixa utilizado neste projeto para realizar as frequências de cortes será o TL084 ST.

Um filtro passa-altas é um filtro que permite a passagem das frequências altas com facilidade, porém atenua (ou reduz) a amplitude das frequências abaixo de frequência de corte. O filtro passa-baixas ele é muito utilizado para bloquear as frequências baixas não desejadas em um sinal complexo enquanto permite a passagem das frequências mais altas.

### 2.3 Eletrodos

Os eletrodos convertem o potencial elétrico gerado pelo músculo num sinal

elétrico que é conduzido por meio de fios ao amplificador, em um processo denominado **transdução de sinal**.

Os eletrodos de superfície utilizados recebem o sinal EMG é enviado a um amplificador, que filtra e aumenta a magnitude do sinal antes de ele ser enviado à placa de conversão analógico-digital instalada num computador. [2]



Figura 1 - Eletrodo

Fonte: Autor

## 2.4 Arduino

Arduino é uma plataforma de código aberto (hardware e software) criada em 2005 por um grupo de 5 pesquisadores: Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis. Placa composta por um microcontrolador Atmel, circuitos de entrada/saída e que pode ser facilmente conectada à um computador e programada via IDE (Integrated Development Environment, ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) utilizando uma linguagem baseada em C/C++, sem a necessidade de equipamentos extras além de um cabo USB. [3]

O conversor analógico-digital (frequentemente abreviado por conversor A/D ou ADC) é um dispositivo eletrônico capaz de gerar uma representação digital a partir de uma grandeza analógica, normalmente um sinal representado por um nível de tensão ou intensidade de corrente elétrica.

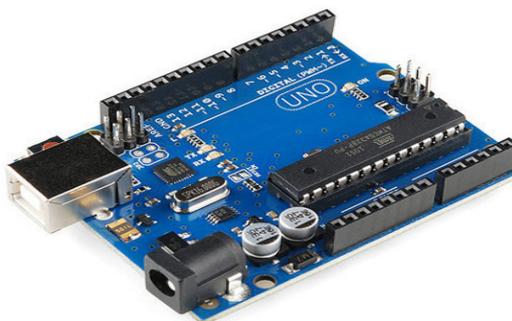


Figura 2 - Arduino

Fonte: [4]

### 3 | DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Para a concepção de um circuito que consiga fazer a aquisição dos sinais bioelétricos, deve-se seguir alguns passos:

- A - Aquisição do sinal
- B - Filtrar o sinal
- C - Retificar o sinal
- D - Converter o sinal
- E - Processar do sinal

Inicialmente será necessária uma fonte de alimentação simétrica de tensão positiva e negativa usando duas pilhas de 9V. A tensão positiva dos bornes da bateria 2 será +9V e o terminal negativo da bateria 1 será -9V.

A Figura 3 ilustra a fonte de energia conectada aos bornes

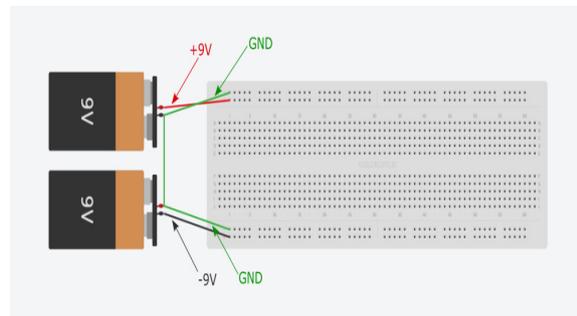


Figura 3 – Fonte de Energia

Fonte: Autor

#### 3.1 Aquisição do sinal:

Para a aquisição do sinal do circuito EMG, usado para medir os impulsos elétricos do sistema nervoso do corpo na ativação fibras musculares utiliza-se o amplificador de instrumentação AD620 da Analog Devices, esse amplificador possui um ganho bem elevado que varia de 1 a 10.000 com alta impedância de entrada, um modo de rejeição comum na faixa de 100 db e uma resposta a frequência bem elevada em média a 120 kHz, nesta fase de aquisição será dado um ganho de 99 db.

A Figura 4 ilustra a aquisição do sinal usando amplificador de instrumentação.

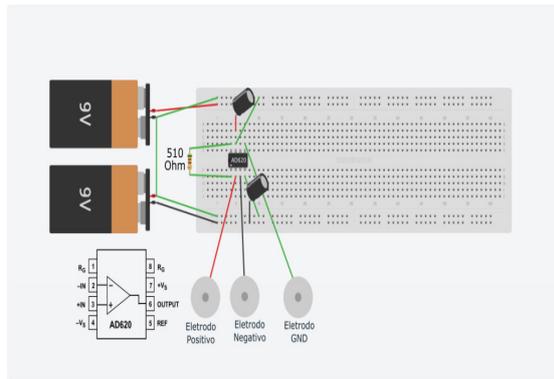


Figura 4 – Aquisição de Sinal.

Fonte: Autor

### 3.2 Filtrar o sinal

Para a segunda fase que será a filtragem do sinal, usando um filtro passa-alta com a faixa de corte a 10 Hz e ganho de 2,2 db, isso irá eliminar os ruídos provenientes dos cabos e posteriormente um filtro passa-baixa com a faixa de corte a 500hz e ganho de 4,85 db, eliminando frequências que não são provenientes de sinais neuromusculares. A Figura 5 ilustra a filtragem do sinal.

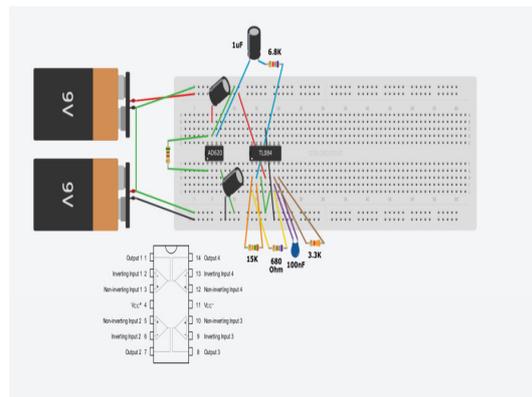


Figura 5 – Filtros

Fonte: Autor

### 3.3 Retificar o sinal

No terceiro passo aplica-se um retificador de onda completa para ajustar o sinal de forma que não haja perda de informação na conversão AD, para as etapas 2 e 3 utilizando o amplificador operacional TL084 da ST, a vantagem desse amplificador se caracteriza por ser 4 em 1, ou seja, com um único CI constrói-se os filtros e o retificador, assim economizando espaço na placa e dinheiro. A Figura 6 ilustra a retificação do sinal.

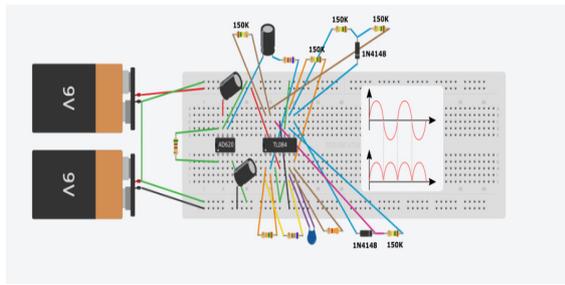


Figura 6 – Retificando Sinal.

Fonte: Autor

### 3.4 Converter o sinal e Processando o sinal

Para a quarta etapa foi utilizada a plataforma Arduino UNO para fazer a conversão analógica digital do sinal, como o microcontrolador do Arduino UNO é o ATmega328P dispondo-se de conversor AD de 10 bits de resolução e uma faixa de tensão de 0V a 5V, como o sinal irá passar por 3 ampliações antes de ser convertido para o sinal digital o mesmo terá um ganho final de mais ou menos 1000 pois se multiplicar-se o ganho da primeira etapa com os ganhos dos filtros chegar ao valor de  $99 \times 2,2 \times 4,85 = 1056,33$ , assim se entrar com 1 mV terá na saída o valor de 1V.

Os sinais bioelétricos musculares medidos na superfície da pele por eletrodos pode atingir um pico máximo de 5 mV tera uma saída máxima de 5 V, assim o sinal final que entrará no conversor estará ajustado para a faixa de Voltagem correta para que não haja perda de informações, e na última etapa processa esse sinal definindo uma taxa de amostragem de 1000 HZ que representa o dobro da frequência máxima que o sinal EMG pode assumir e aplicar a transformada rápida de Fourier (FFT) para calcular as frequências médias e medianas de uma amostra do sinal e assim assegurar que as perdas de informações serão mínimas.

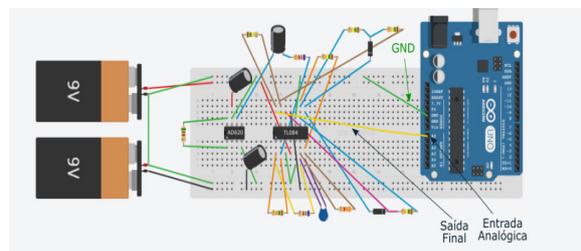


Figura 6 – Conversão e Processamento do sinal

Fonte: Autor

### 3.5 Interface de Computador

A interface de computador envolve converter o sinal EMG analógico numa forma de onda digital. Um programa de computador pode ser escrito para processar o sinal digital numa forma significativa que permita sua mensuração[5].

Para a interface utilizou-se da biblioteca do arduino.

```

void setup() {
  // Inicializa a comunicação serial a 9600 bits por segundo.
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  // Efetua a leitura da porta analógica no pino A0
  int sensorValue = analogRead(A0);
  // Converte o valor lido no sensor em volts
  float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0) * 10;
  // Imprime o resultado na saída serial
  Serial.println(voltage);
}

```

## 4 | RESULTADOS

O primeiro cenário de teste aconteceu no meio computacional fazendo uso de uma solução computacional para simular o funcionamento do circuito, onde foi injetado um sinal com uma tensão e frequência específica e verificou-se a saída. Na figura 7 ilustra o esquemático do circuito construído para análise das leituras.

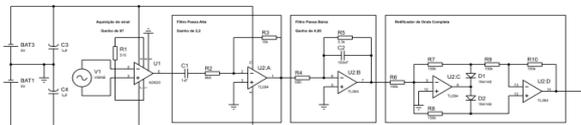


Figura 7 - Esquemático

Fonte: Autor

A simulação 1 observou comportamentos normais de uma contração neuromuscular utilizando entrada de 1mV a 60hz, a saída final foi de 940mV muito próximo a 1V.

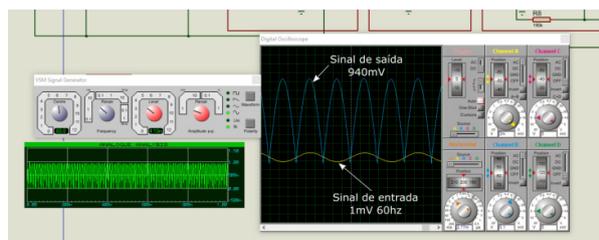


Figura 8 – Comportamento Normais

Fonte: Autor

Na simulação 2 foram feitos testes de leitura apenas com filtro passa-alta para

averiguar sua leitura utilizou-se entrada de 1mV a 0HZ, a saída final foi de 29,7mV muito próximo a 0V.

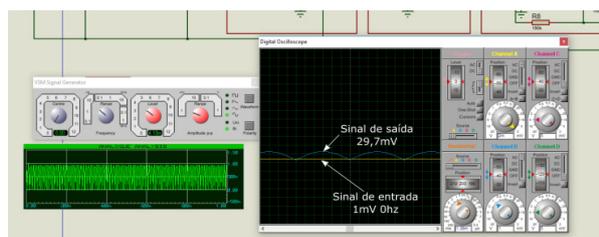


Figura 9 – Simulação Filtro passa-alta

Fonte: Autor

Por último, a simulação 3 foram feitos testes de leitura utilizando apenas o filtro passa-baixa com entrada de 1mV a 1000HZ, a saída final foi de 158mV.

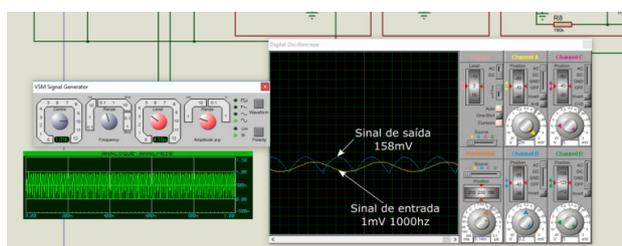


Figura 10 – Simulação Filtro passa-baixa

Fonte: Autor

Todos os resultados computacionais confirmam a solução esperada para o meio. Conclui-se nesta fase que a pesquisa demonstra que a solução pode ser aplicada no meio físico.

O segundo cenário de teste aconteceu no meio físico foram possíveis coletar e processar o sinal EMG. O canal de comunicação apresentou o resultado esperado, possibilitando uma troca de informações conforme apresentam as figuras 11 e 12 o sinal EMG em azul. Percebe-se que a envoltória possui um formato bem definido, facilitando a análise do sinal coletado e o estudo do nível de atividade muscular sendo coletados de um voluntário.

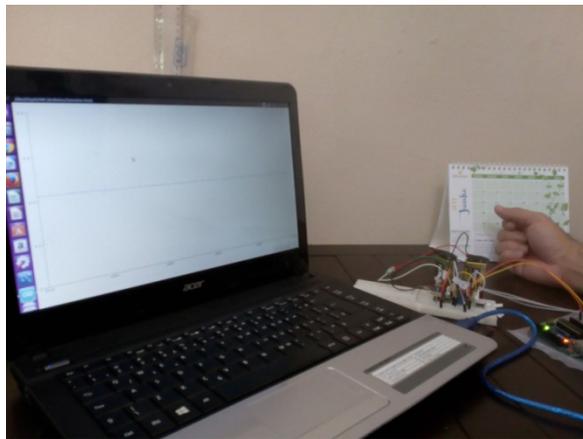


Figura 11 – Sinal EMG sem ativação muscular  
Fonte: Autor

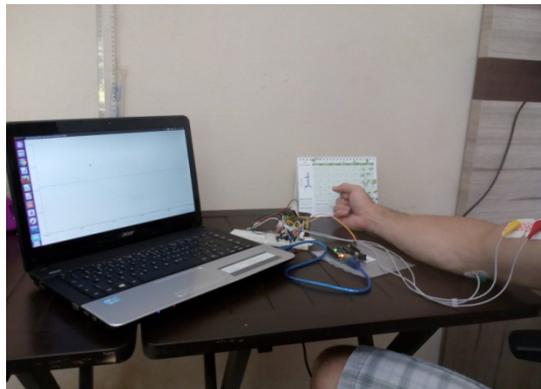


Figura 12 – Sinal EMG sem ativação muscular  
Fonte: Autor

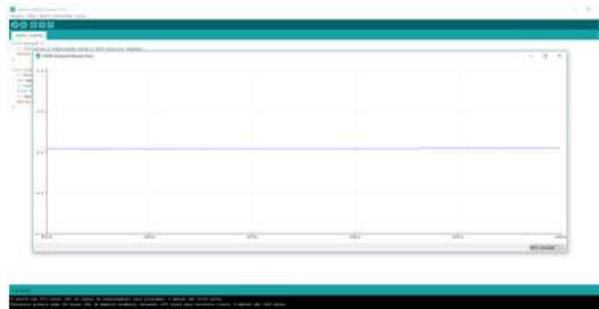


Figura 13 – Sinal EMG sem ativação muscular  
Fonte: Autor

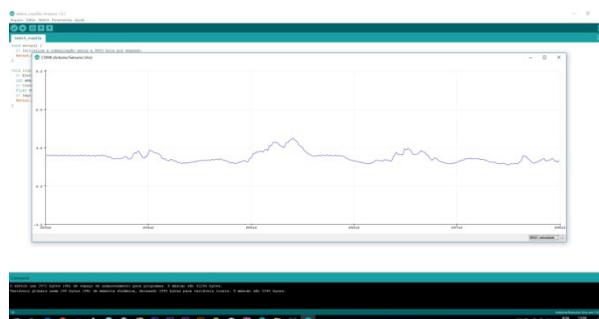


Figura 14 – Sinal EMG com ativação muscular  
Fonte: Autor

A Figura 15 demonstra o posicionamento dos eletrodos e o músculo escolhido ao qual foram feitas capturas do sinal.

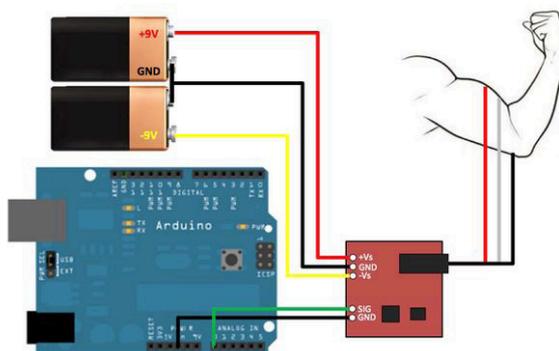


Figura 15 – Posicionamento Eletrodo

Fonte: [6]

As Figuras 16 e 17 mostram o sistema completo em funcionamento e aplicação, os sinais EMG sendo coletados de um voluntário ocorrido fora de laboratório.

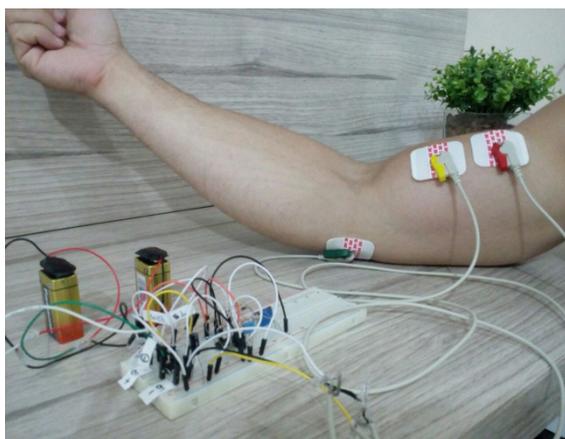


Figura 16 - Teste do projeto por um voluntário

Fonte: Autor

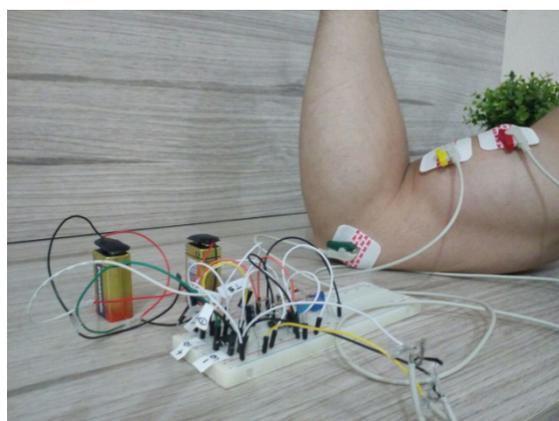


Figura 17 - Teste do projeto por um voluntário

Fonte: Autor

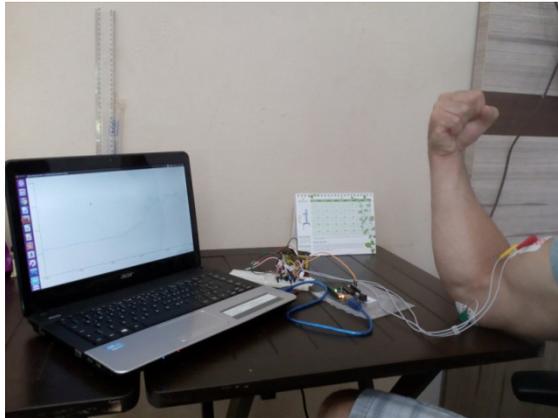


Figura 18 - Teste do projeto por um voluntário fora do laboratório.

Fonte: Autor

## 5 | ANÁLISES E DISCUSSÕES

A abordagem de concepção do sistema, de apresentar uma solução didática referente à aquisição de sinais biomédicos e a qualidade dos sinais captados pelos circuitos de aquisição se mostrou adequada à aplicação proposta. Havia uma preocupação inicial de que a implantação de recursos prejudicasse uma captação adequada dos sinais, uma vez que estes são sinais que apresentam baixíssima amplitude. Porém os resultados foram satisfatórios.

Tomou-se o cuidado de para se evitar a fadiga muscular, os testes realizados foram conduzidos em intervalos de tempo reduzidos, para ter uma melhor leitura de dados.

A arquitetura deste projeto demonstrou que é válido optar por um sistema de comunicação entre interfaces ao invés de construir um único aplicativo que contemple todas as funcionalidades, já que o desenvolvimento independente das partes pode ser mais rápido e menos trabalhoso.

Foram observadas duas dificuldades no desenvolvimento do projeto, sendo estas na fase de aquisição de equipamentos:

1. O amplificador de instrumentação é muito escasso no mercado brasileiro.
2. O custo do amplificador de instrumentação se comparado aos demais componentes é muito mais elevado.

## 6 | CONCLUSÃO

A proposta inicial deste trabalho é a construção de um aparelho de EMG que foi disponibilizado para a população e comunidade científica de qualquer área de aplicabilidade do estudo EMG, o qual o mesmo foi cumprido.

A contribuição deste trabalho pode ser considerada muito positiva, incitando a iniciativa do desenvolvimento de soluções que contribuam para a prática do ensino

e elaborando instrumentos pedagógicos que despertem a motivação dos estudantes e pesquisadores. O que se espera com isso é iniciar uma ação que gere frutos, alimentando um processo de melhoria das condições do ensino e aprendizagem e aumente o interesse pela área.

## REFERÊNCIAS

Kamem, Gary (2015). **Fundamentos da Eletromiografia** / Gary Kamen, David A. Gab. 1. Ed. São Paulo Campos, Vicente Falconi (1992). Controle da Qualidade Total, no estilo japonês. 7. Ed. Belo Horizonte: QFCO.

Kamem, Gary (2015). **Fundamentos da Eletromiografia** / Gary Kamen, David A. Gab. 1. Ed. São Paulo Campos, Vicente Falconi (1992). Controle da Qualidade Total, no estilo japonês. 7. Ed. Belo Horizonte: QFCO.

<http://blog.filipeflop.com/arduino/o-que-e-arduino.html> > Acesso em: 18 de maio 2017.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino> > Acesso em: 17 de maio 2017

Kamem, Gary (2015). **Fundamentos da Eletromiografia** / Gary Kamen, David A. Gab. 1. Ed. São Paulo Campos, Vicente Falconi (1992). Controle da Qualidade Total, no estilo japonês. 7. Ed. Belo Horizonte: QFCO.

<http://www.instructables.com/id/IRON-MAN-EXOSKELETON/>>Acesso em: 24 de maio 2017

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**MARCIA REGINA WERNER SCHNEIDER ABDALA** Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Graduada em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Possui experiência na área de Educação a mais de 06 anos, atuando na área de gestão acadêmica como coordenadora de curso de Engenharia e Tecnologia. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se a atuação como professora de ensino superior atuando em várias áreas de graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Atuou como inspetora de Aviação Civil, nas áreas de infraestrutura aeroportuária e segurança operacional em uma instituição federal.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-245-6



9 788572 472456