



FTT JOURNAL

of Engineering and Business

FUNDAÇÃO SALVADOR ARENA
ENTIDADE MANTENEDORA

Conselho Curador

Presidente: Regina Celi Venâncio

Carlos Alberto Legori
Edson Marcos Zoccante
Gilberto Alexandre Augusti
Hélio dos Santos Júnior
Iara Satoco Fukunishi Yamada
Luis Carlos Rabello
Márcia Thiemi Uemura
Maria Luzia de Almeida
Marlene Barbieri Taveira
Nelson da Silva Leme
Toshihiko Kumamoto
Valcir Shiguero Omori
Venize A. Fernandes Vigatto

FACULDADE DE TECNOLOGIA TERMOMECANICA

Diretor Geral

Valcir Shiguero Omori

Diretor Acadêmico

Wilson Carlos da Silva Jr.

Coordenadores

Administração: Luciana Guimarães Naves Lemos Borges
Engenharia de Alimentos: Márcia Edilamar Pulzatto
Engenharia de Controle e Automação: Silvio Celso Peixoto Gomes
Engenharia de Computação: Michele Bazana de Souza
Pesquisa e Extensão: Márcia Edilamar Pulzatto

FTT Journal of Engineering and Business	São Bernardo do Campo	v. 1	n. 1	p. 1-124	jun. 2016
---	--------------------------	------	------	----------	-----------

CONTATO

Faculdade de Tecnologia Termomecanica

E-mail: journal@ftt.com.br

EDITOR ACADÊMICO

Prof. Dr. Fernando Felício Pachi Filho

COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO EDITORIAL

Miriam da Silva Nascimento

APOIO EDITORIAL

Erica de Cássia Malagutti
Fernanda Santana
Luciane Alves
Mara de Godoy
Maria Carolina Leite Navarro
Milena Medeiros de Andrade
Simone dos Santos Faria

SUPORTE TÉCNICO

Marcelo Salles
Renan dos Santos Amaral
Wlândia Alves

PRODUÇÃO EDITORIAL

Fernanda Hitomi Hyodo
Helena Cristina da Silva Santos
Wendel de Oliveira

REVISÃO

Sérgio Martins

COMITÊ EDITORIAL CIENTÍFICO

Prof. Dr. Antonio Tavares da Silva (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro)
Profa. Dra. Claudia Fonseca Rosès (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo)
Prof. Dr. Daniel Oliveira (Faculdade de Tecnologia Termomecanica)
Prof. Dr. Edmir Prado (Universidade de São Paulo-Leste)
Profa. Dra. Ilana Racowski (Faculdade de Tecnologia Termomecanica)
Prof. Dra. Isabel Machado (Universidade de São Paulo)
Prof. Dr. Jean Bonvent (Universidade Federal do ABC)
Profa. Dra. Júlia Maria D'Andrea Greve (Universidade de São Paulo)
Profa. Dra. Lidia Maria Ruv Carelli Barreto (Universidade de Taubaté)
Prof. Dr. Leo Kugnik (Faculdade de Tecnologia Termomecanica/Instituto Mauá de Tecnologia)
Prof. Dr. Marco Antonio Fumagalli (Faculdade de Tecnologia Termomecanica)
Prof. Dr. Mario Francisco Guerra Boaratti (Universidade Metodista de São Paulo)
Profa. Dra. Márcia Edilamar Pulzatto (Faculdade de Tecnologia Termomecanica)
Profa. Dra. Martha Regina Verruma-Bernardi (Universidade Federal de São Carlos)
Prof. Dr. Paulo Roberto Garcia Lucarelli (Universidade Nove de Julho)
Profa. Dra. Rosely Imbernon (Universidade de São Paulo-Leste)
Prof. Dr. Wagner Wu (Faculdade de Tecnologia Termomecanica/Pontificia Universidade Católica de São Paulo)

AVALIADORES DESTA EDIÇÃO

Prof. Dr. Adriano César Calandrini Braga (Universidade Estadual do Pará)
Prof. Dr. Alberto Claro (Universidade Federal de São Paulo)
Prof. Me. André Rocha Pimenta (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro)
Prof. Me. Andrey Masiero (Universidade Metodista de São Paulo)
Me. Cláudia Aparecida Avelar Ferreira (Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais/Fundação Mineira de Educação e Cultura - FUMEC)
Profa. Dr. Claudia Fonseca Rosès (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo)
Profa. Dra. Cynthia Kunigk (Instituto Mauá de Tecnologia)
Prof. Dr. Danilo Alves Pinto Nagem (Universidade Federal do Rio Grande do Norte)
Prof. Dr. Dennis Toufen (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo)
Prof. Me. Elisabete Sousa (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá)
Me. Edvan Aguiar (Universidade Federal de Pernambuco)
Prof. Dr. Eduardo Filgueiras Damasceno (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)
Prof. Dr. Eduardo Huber (Instituto Federal Catarinense-Concórdia)
Profa. Me. Fabiana Aparecida Silva (Universidade Metodista de São Paulo)
Prof. Me. Fabiano Rosa (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo)
Prof. Dr. Fabio Silva (Universidade Federal Rural de Pernambuco)
Profa. Dra. Flavia Della Lúcia (Universidade Federal de Alfenas)
Prof. Dr. Giancarlo Moser (Universidade do Estado de Santa Catarina)
Prof. Dr. Giovanni Alfredo Guarneri (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)
Prof. Me. Jackson Citadin (Imbraforte/Universidade do Sul de Santa Catarina)
Prof. Me. João Soares Neto (Universidade Federal do Recôncavo da Bahia)
Prof. Dr. José Roberto Tálamo (Universidade Federal do ABC)
Profa. Dra. Karin Komati (Instituto Federal do Espírito Santo)
Profa. Me. Maria Laura Mac Lennan (Universidade de São Paulo)
Prof. Dr. Luís Eduardo Maggi (Universidade Federal do Acre)
Prof. Dr. Maurício Capelas (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo)
Prof. Dr. Marcelo Iran Coelho (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano)
Profa. Dra. Martha Elisa Ferreira de Almeida (Universidade Federal de Viçosa)
Dr. Núcio Elvino Matheus Theodorio
Profa. Dra. Paloma Santos (Universidade Federal de Santa Catarina)
Prof. Dr. Paulo Leite Lima (Instituto de Tecnologia e Pesquisa Universidade Tiradentes)
Prof. Dr. Percy Javier Igei Kaneshiro (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo)
Prof. Dr. Ricardo Janes (Faculdade Senai)
Prof. Dr. Rogério Dantas (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo)
Profa. Dra. Sandriane Pizato (Instituto Federal de Santa Catarina)
Prof. Dr. Salomão Farias (Universidade Federal de Pernambuco)
Profa. Dra. Suzete Élide Nobre Correia (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba)
Me. Vagner Amaral (Centro Universitário da FEI)
Me. Vanessa Seriacopi (Universidade de São Paulo)
Prof. Dra. Violeta Sun (Universidade de São Paulo-Leste)

Sumário

3 **Apresentação**

5 **Editorial**

Administração

7 ***Aplicação do método Quality Function Deployment no desenvolvimento de produto em uma empresa fabricante de produtos agrícolas***

Claudenir Caique Júnior Datorre

José Luiz Garcia Hermosilla

Ethel Cristina Chiari da Silva

26 ***A importância da gestão de pessoas em eventos: um estudo comparativo entre a visão de clientes e da administração de um bufê***

Diogo Moraes

Valéria Moura

Ana Beatriz de Carvalho

Caio Góis de Oliveira

Engenharia de Alimentos

42 ***Avaliação sensorial de marcas comerciais de água mineral sem gás***

Márcia Edilamar Pulzatto

Angie Mendes Specian

Gabriela Rodrigues de Souza

Engenharia de Computação

59

Mitigação do efeito Alert Fatigue para a maximização da eficiência nos sistemas de suporte à decisão clínica

*Felipe Mancini
Thiago Schumacher Barcelos
Dinarde Almeida Bezerra*

74

Sistema de automação residencial controlado por dispositivos móveis e dispositivos vestíveis

*Alexandre Cardoso
Edgard Afonso Lamounier Júnior
Flávia Gonçalves Fernandes
João Ludovico Maximiliano Barbosa*

Engenharia de Controle e Automação

91

Análise estrutural do rotor de um turbogerador de alta rotação

*André Ferrus Filho
Rodrigo Teixeira Bento*

107

Desenvolvimento de um sistema de amortecimento lateral aplicado a uma órtese tornozelo-pé e análise estática angular através de acelerômetro

*Nilson Yukihiro Tamashiro
Lucas Santana
Maitê Santos*



Apresentação

É com satisfação que apresentamos à comunidade acadêmica da FTT e das demais instituições de ensino superior a primeira edição da *FTT Journal of Engineering and Business*. Este projeto é resultado do crescimento de nossa faculdade e da busca de qualidade acadêmica e científica que procuramos imprimir aos cursos de tecnologia e de bacharelado, que contribuem significativamente para a formação de profissionais com sólidos conhecimentos e abertos às necessidades de aprimoramento contínuo do mercado de trabalho atual.

Desde sua constituição, a Fundação Salvador Arena tem, na educação, um dos núcleos de sua atividade. O engenheiro Salvador Arena, pioneiro no desenvolvimento industrial e tecnológico em nosso país, sabia da necessidade de darmos um salto qualitativo na educação como forma de superarmos as dificuldades sociais existentes no Brasil. Motivado por este ideal, Salvador Arena dedicou-se a construir uma instituição de ensino cujo modelo educacional fornecesse aos jovens uma formação para a cidadania e para a criação tecnológica. Dr. Arena também sabia que não se faz tecnologia sem conhecimento científico. O alto padrão tecnológico atingido na empresa Termomecânica deve muito ao espírito empreendedor e visionário de seu fundador, ele mesmo um pesquisador na área das engenharias.

Num momento em que tanto se fala em inovação, não se pode esquecer que ela só é possível verdadeiramente em sociedades que dão atenção à educação e à ciência, atividades interdependentes e fundamentais para o surgimento de soluções que contribuam para o progresso social e econômico. Por isso, em nossa prática educacional, temos orientado nossos alunos a prosseguirem seus estudos e desenvolverem pesquisas, porque sabemos que este é o caminho para a construção de uma sociedade que gere benefícios para todos. Esta revista é, portanto, mais um estímulo para que nossos alunos e a comunidade acadêmica em geral possam divulgar seus trabalhos e inspirar novos projetos de pesquisa. Esperamos, assim, dar a nossa contribuição para o fortalecimento das ciências, em especial nas áreas de Administração, Engenharia de Alimentos, Engenharia de Computação e Engenharia de Controle e Automação, que se constituem como nossa vocação e foco de nossos esforços educacionais.



Esperamos que a *FTT Journal of Engineering and Business* impulse também a carreira de todos aqueles que nela publicam, e que ela se torne em breve referência para os pesquisadores interessados em se atualizar nos avanços científicos e tecnológicos do nosso tempo.

Valcir Shigueru Omori

Diretor Geral – Centro Educacional da Fundação Salvador Arena



Aplicação do método Quality Function Deployment no desenvolvimento de produto em uma empresa fabricante de produtos agrícolas

The application of the method Quality Function Deployment - QFD - in the development of a manufacturer company of agricultural implements

Claudenir Caíque Junior Datorre (caique.datorre@gmail.com)
Bacharel em Engenharia de Produção pela Universidade de Araraquara

José Luís Garcia Hermosilla (jlghermosilla@hotmail.com)
Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo e professor da Universidade de Araraquara.

Ethel Cristina Chiari da Silva (e-chiari@uol.com.br)
Doutora em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo e professora da Universidade de Araraquara.



Resumo

O objetivo desta pesquisa exploratória de natureza qualitativa foi aplicar a matriz da qualidade do método *Quality Function Deployment* (QFD) em uma empresa de implementos e máquinas agrícolas, para traduzir os requisitos dos clientes em características técnicas. A coleta dos dados foi realizada por meio documental (registros do departamento de assistência técnica) e entrevistas (funcionários envolvidos com o desenvolvimento e controle de qualidade do produto). O estudo de caso da aplicação do ferramental seguiu o processo de implantação de Cheng e Melo Filho (2010). A aplicação do método QFD permitiu identificar as qualidades exigidas que mais afetavam a satisfação dos clientes, as quais passaram a incorporar o processo de desenvolvimento do produto. Outro benefício do método foi a integração promovida entre os setores de vendas, assistência técnica e desenvolvimento de produtos, decorrente da necessidade de avaliação dos dados sob diferentes perspectivas.

Palavras-chave: QFD. Qualidade. Desenvolvimento do produto. Agroindústria.

Abstract

The purpose of this exploratory qualitative research was to apply the quality matrix of the *Quality Function Deployment* (QFD) in a farm machinery company, to translate customer requirements into technical specifications. The data collect was accomplished through documentation (records of the technical assistance department) and interviews (employees involved with the development and quality control of the product). The case study of the application of QFD followed the deployment process of Cheng and Melo Filho (2010). The application of QFD method made it possible to identify the required qualities that most affected the customer satisfaction, which began to be incorporated in the product development process. Another benefit of this method was the promoted integration between sales departments, product development and technical assistance, due to the need for evaluation of the data under different perspectives.

Keywords: QFD. Quality. Product development. Agribusiness.

Introdução

A globalização dos mercados e o desenvolvimento tecnológico proporcionaram aos consumidores acesso mais rápido e fácil à informação, tornando-os mais exigentes e seletivos.

Segundo Akao (1997b apud SONDA; RIBEIRO; ECHEVESTE, 2000), o Desdobramento da Função Qualidade – *Quality Function Deployment* (QFD) – é um método que auxilia no processo de tradução das necessidades do cliente em especificações técnicas do produto, possibilitando a inclusão das qualidades demandadas no seu desenvolvimento e foi criado para garantir sua qualidade a partir do projeto. Campos e Miguel (1999) afirmam que o método QFD promove a redução de custos e melhora o nível de qualidade e de confiabilidade no desenvolvimento de produtos.

O QFD pode ser aplicado como ferramenta multifuncional, sendo capaz de envolver os vários departamentos da organização, priorizando o atendimento ao cliente e potencializando os ganhos de custos e de qualidade (SONDA; RIBEIRO; ECHEVESTE, 2000; CHENG; MELO FILHO, 2010). O uso do QFD em diversos segmentos econômicos, por exemplo, saúde, indústria de embalagens e prestadores de serviços tem proporcionado ganhos como a redução de problemas nos estágios iniciais do desenvolvimento de produto, a redução do tempo desse desenvolvimento, o aumento das vendas e a maior satisfação do cliente (ABREU, 1997; AKAO, 1997a; OLIVEIRA, 2010; ABREU; PEREIRA, 2004; VOLPATO et al., 2010; MATSUDA; ÉVORA; BOAN, 2000; DE LIMA; MUNIZ JUNIOR; LOTUFO, 2009).

Apesar dos benefícios apresentados pela literatura, o uso do método QFD no Brasil ainda é limitado em razão de dificuldades metodológicas e operacionais, como a falta de suporte gerencial e financeiro, de comprometimento da equipe, de experiência no seu uso e de tempo para as consultas com clientes, o que tem desmotivado seu uso e diminuído sua eficácia (EKDAHL; GUSTAFSSON, 1997; MARTINS; ASPINWALL, 2001; CARNEVALLI; SASSI; MIGUEL, 2004; CARNEVALLI; MIGUEL; CALARGE, 2007).

Com o intuito de trazer maior clareza quanto ao uso do método QFD, o objetivo deste trabalho foi descrever sua implantação no desenvolvimento de produtos em uma empresa de grande porte, fabricante de máquinas agrícolas.

Revisão bibliográfica

O QFD teve origem no Japão na década de 1960, com os trabalhos dos professores Shigeru Mizuno e Yoji Akao, que tinham como foco a garantia da qualidade do produto desde o seu desenvolvimento, tomando como base os pontos críticos levantados na forma de cartas e matrizes (CHENG; MELO FILHO, 2010).

Segundo Akao (1997a), o QFD é um método que considera a qualidade demandada pelo cliente, do projeto ao desenvolvimento do produto, definindo-a e priorizando-a com o objetivo de garanti-la para o aumento da satisfação do cliente. Cheng e Melo Filho (2010) complementam afirmando que o QFD se caracteriza pela oitiva do cliente, com tradução de suas exigências em requisitos passíveis de incorporação pelo processo de desenvolvimento de produtos.

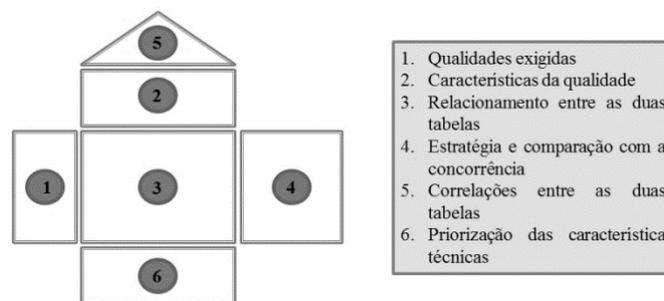
Godoy et al. (2013) e Hauser e Clausing (1988) afirmam que o método tem grande importância em todo o processo de desenvolvimento de produto, uma vez que aponta de forma direta os aspectos relacionados ao atendimento das necessidades dos clientes. Para King (1989 apud OLIVEIRA, 2010) e Danilevicz e Ribeiro (1998), o papel do método é mais amplo e interfuncional, contribuindo para as atividades anteriores e posteriores ao processo, como o planejamento e vendas, indo além do auxílio à etapa do desenvolvimento.

Do ponto de vista operacional, o método é objetivo e converte as qualidades demandadas pelos clientes em aspectos técnicos para o seu desenvolvimento; no entanto, este aspecto não é consensual entre os estudiosos, sendo que muitos ainda afirmam que o método é pouco difundido por falta de experiência no seu uso e pelas dificuldades do trabalho em equipe (CARNEVALLI; SASSI; MIGUEL, 2004; CARNEVALLI; MIGUEL; CALARGE, 2007; OLIVEIRA et al., 2010; BOUCHEREAU; ROWLANDS, 2000).

Segundo Cheng e Melo Filho (2010), o QFD pode ser dividido em 6 etapas: (1) qualidade exigida ou necessidades de qualidade; (2) características da qualidade; (3) matriz de relações; (4) estratégia e comparação com a concorrência; (5) matriz de correlação; (6) requisitos priorizados.

A matriz da qualidade (figura 1) é a representação da conversão da necessidade do cliente em características de projeto; seu processo de desenvolvimento é uma relação de causa-efeito entre extração, correlação e conversão.

Figura 1– Matriz da qualidade



Fonte: adaptado de Cheng e Melo Filho (2010).

Para a construção da matriz da qualidade, é necessária a relação de duas tabelas: (i) Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida e Qualidade Planejada e (ii) Tabela de Desdobramento das Características da Qualidade e Qualidade Projetada. Segundo Cheng e Melo Filho (2010), para o bom desenvolvimento das tabelas deve haver colaboração de diversas áreas funcionais da empresa, como *marketing*, assistência técnica, pesquisa e desenvolvimento (P&D) e engenharia.

A primeira etapa – *qualidade exigida* – consiste no desenvolvimento da Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida e Qualidade Planejada, que representa graficamente o detalhamento das qualidades exigidas pelos clientes, com os respectivos desdobramentos das qualidades.

Inicialmente, a necessidade do cliente é traduzida em qualidade demandada, utilizando-se linguagem simples. Para melhor entendimento, as qualidades devem ser agrupadas por afinidades; em seguida, investiga-se cada qualidade demandada com um maior nível de detalhamento, gerando então um processo de desdobramento das qualidades analisadas e um segundo nível na tabela. Esta etapa é refeita com os itens do segundo nível, até que se explorem todas as qualidades exigidas, podendo haver vários níveis.

Qualidade planejada, segundo Cheng e Melo Filho (2010), é a priorização das exigências dos clientes. Isso faz com que se evitem desperdícios operacionais que poderiam ocorrer caso não se visualizasse o que realmente importa para o cliente.

Os procedimentos para se obter a qualidade planejada são:

- a) Construir a Tabela de Qualidade Exigida;

- b) Pesquisar, por meio da análise de uma amostra, o grau de importância para cada item da qualidade exigida e, também, para a obtenção da comparação de desempenho entre o produto atual e seus principais concorrentes;
- c) Definir os planos de qualidade (níveis de desempenho) para cada qualidade exigida;
- d) Calcular o índice de melhoria pela divisão do plano da qualidade pela avaliação atual do produto;
- e) Definir quais itens das qualidades exigidas são considerados argumentos de vendas;
- f) Calcular o peso absoluto das qualidades exigidas;
- g) Calcular o peso relativo.

A segunda etapa – *características da qualidade* – é a extração das qualidades de projeto com base na tabela anterior, gerando a Tabela de Desdobramento das Características da Qualidade e Qualidade Projetada.

A extração deve ocorrer para que as necessidades do cliente permaneçam nas decisões das características do produto, devendo-se listar as características necessárias que geram as qualidades exigidas. Pode-se utilizar a técnica de *brainstorming*, envolvendo os departamentos que estão participando da implantação do método. As ideias são agrupadas por afinidades e os grupos são apresentados em forma de diagrama de árvore (CHENG; MELO FILHO, 2010).

A terceira etapa – *matriz de relações* – estabelece a correlação entre os itens das tabelas, permitindo melhor visualização no entendimento dos fatores causa e efeito entre os referidos itens, e possibilitando a visão de como um item técnico pode afetar a satisfação do cliente. É preciso estipular as intensidades das correlações (CHENG; MELO FILHO, 2010).

De acordo com Cheng e Melo Filho (2010), a mensuração das características técnicas realizadas em comparação com a concorrência permite uma análise geral do mercado referente ao produto; portanto, na quarta etapa – *estratégia e comparação com a concorrência* –, mede-se o desempenho do mercado atual em relação ao desempenho da empresa para conseguir atender à demanda dos mercados.

Após a comparação entre os concorrentes, a quinta etapa – *matriz de correlação* – trata de definir os valores e metas para o produto com a finalidade de alterá-los para atender às exigências dos clientes. Para isso, devem ser consideradas as correlações realizadas entre as tabelas das características de qualidade com a qualidade exigida, as comparações entre os concorrentes, a capacidade tecnológica, os

custos e os objetivos do projeto (CHENG; MELO FILHO, 2010). Ainda segundo os autores, deve-se levar em consideração, para a definição dos valores e metas, a classificação dos itens de qualidades exigidas, sendo elas óbvias, lineares e atrativas:

- Óbvias: são itens de qualidade que, se estiverem ausentes no produto, trazem a insatisfação. Estes itens devem ser considerados nos valores e metas; mesmo se o peso relativo for baixo, os valores e metas devem estar parecidos com os da concorrência;
- Lineares: quanto melhor o desempenho do produto, maior a satisfação do cliente e vice-versa. Portanto, os valores e metas devem superar os dos concorrentes nos itens de maior peso relativo;
- Atrativas: são características que, mesmo com desempenho insuficiente, não geram insatisfação nos clientes, porém, se fizerem parte do produto, trarão maior satisfação. Para esses itens, os valores e metas devem ser maiores em relação aos dos concorrentes.

Segundo Cheng e Melo Filho (2010), é fundamental priorizar as características da qualidade; portanto, na sexta etapa – *requisitos priorizados* –, utiliza-se a conversão do peso relativo dos itens da tabela das qualidades exigidas para os itens da tabela de características técnicas, utilizando as correlações já existentes na matriz.

O cálculo do peso absoluto das características da qualidade é feito com a equação 1.

$$Pa = \sum_{i=1}^n PrQ_e \cdot X_{ec} \quad (1)$$

Onde:

Pa = os pesos absolutos de cada item das características da qualidade;

PrQ_e = pesos relativos das qualidades exigidas;

X_{ec} = valor da correlação entre as duas tabelas.

Para o cálculo do peso relativo das características, utiliza-se a equação 2:

$$\text{Peso relativo} = \frac{\text{Peso absoluto}}{(\text{soma de todos os pesos absolutos})} \quad (2)$$

Portanto, após essa última etapa, a matriz da qualidade está pronta para posterior análise e ações, de forma a incorporar as necessidades do cliente na fase de projeto do produto.

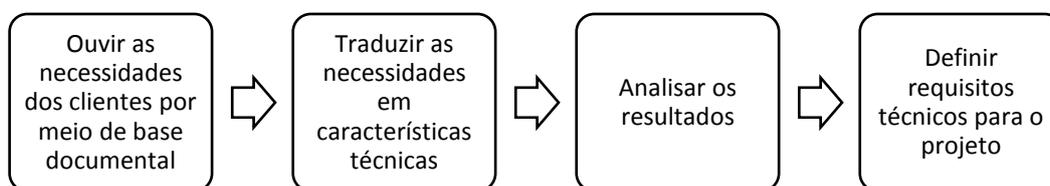
Método de pesquisa

A investigação exploratória e aplicada justifica-se pela geração imediata de resultados e pela busca por evidências mais consistentes sobre a aplicação da ferramenta analisada, diante da escassez de material bibliográfico (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2006).

A investigação de abordagem qualitativa analisou o processo de implementação do método QFD em uma situação real, caracterizando-se a técnica de pesquisa como um estudo de caso, justificando-se tal escolha pela observação feita por Yin (2001, p. 19): “Os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo “como” e “por que”, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.”

A aplicação do método QFD seguiu o processo metodológico descrito na figura 2.

Figura 2 – Processo metodológico do QFD



Fonte: adaptado de Pinto e Fontenelle (2013)

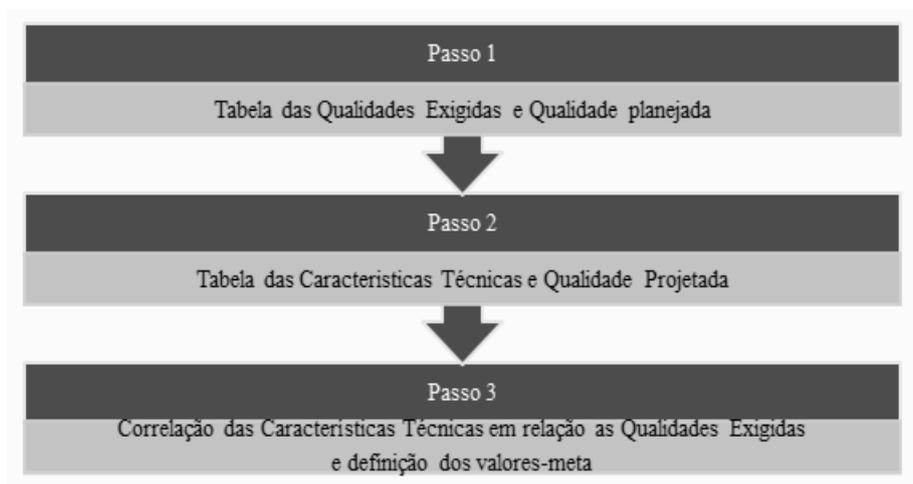
Análise e resultados

A empresa na qual o estudo de caso foi realizado é fabricante de implementos e máquinas agrícolas situada no interior do Estado de São Paulo e foi escolhida por se tratar de uma das maiores desse segmento na América Latina e pela facilidade de acesso às informações para a aplicação do método QFD.

O produto escolhido para a aplicação da matriz da qualidade foi um equipamento para distribuição de mudas de cana-de-açúcar, considerado fundamental no ciclo do plantio dessa cultura na região de Piracicaba (um dos maiores produtores de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo). O equipamento é tracionado por um trator e as mudas de cana são carregadas em um cesto que, por meio de esteiras, distribuem-nas ao longo da extensão do sulco no solo.

Os principais passos para a implantação do método estão mostrados na figura 3.

Figura 3 – Passos para a implantação do QFD na empresa em estudo



Fonte: Elaboração própria.

Tabela das Qualidades Exigidas e Qualidade Planejada

Como já foi dito na revisão bibliográfica, a matriz da qualidade é o passo inicial para a aplicação do método QFD, bem como o levantamento das necessidades do cliente. Por isso, foi realizado o levantamento das reclamações dos clientes, do conhecimento interno da engenharia e dos dados da

assistência técnica para a criação da tabela das qualidades exigidas. Realizaram-se sessões de *brainstorming* entre os departamentos de assistência técnica, desenvolvimento de produtos e vendas. O quadro 1 apresenta as qualidades exigidas pelos clientes verificadas no processo descrito.

Quadro 1– Qualidades exigidas

Nível 1	Nível 2
Estabilidade	espaçamento regulável
	não tombar em declive
	suportar carga máxima
Fácil operação	troca de espaçamento simples
	fácil regulagem da esteira dosadora
	fácil regulagem da esteira alimentadora
	andar fora do sulco
	fácil carregamento
Distribuição uniforme	distribuir cana enleirada
	quantidade de cana por metro
	espaço de uma cana à outra
Qualidade da cana	cana sem danos

Fonte: elaboração própria.

As qualidades foram agrupadas em níveis. As qualidades exigidas - “espaçamento regulável”, “não tombar em declive” e “suportar carga máxima” - estão relacionadas à qualidade do primeiro nível, “estabilidade”. O nível 2 é o desdobramento do nível 1.

Dando seguimento à tabela de qualidades exigidas, foi necessário verificar junto ao cliente o grau de importância dessas qualidades e compará-las com o desempenho de produtos concorrentes. Para este fim, 30 clientes, entre novos, antigos e em potencial, foram abordados por meio de um questionário fechado.

Esse questionário teve o objetivo de levantar o grau de importância de cada item da qualidade exigida, assim como os valores de desempenho para a empresa estudada e para outras duas marcas (empresas A e B). As escalas utilizadas estão apresentadas no quadro 2.

Quadro 2 – Grau de importância e grau de desempenho

Valor	Grau de importância	Grau de desempenho
1	Nenhuma importância	Péssimo
2	Pouca importância	Ruim
3	Alguma importância	Regular
4	Importante	Bom
5	Muito importante	Ótimo

Fonte: Elaboração própria.

Outro passo importante para a tabela das qualidades planejadas foi o preenchimento das colunas do plano de qualidade, índice de melhoria e argumento de vendas. Para a atribuição do argumento de vendas, foram utilizados os valores de acordo com o quadro 3.

Quadro 3 – Valores para argumento de vendas

Classificação do argumento de venda	Valor
Especial	1,5
Comum	1,2
Sem argumento	1

Fonte: elaboração própria.

Depois da pesquisa realizada com os clientes, os valores para grau de importância e grau de desempenho foram acrescentados na Tabela de Qualidade Planejada, possibilitando a classificação das qualidades exigidas que mais interessam aos clientes.

A figura 4 apresenta a Tabela de Qualidade Exigida e de Qualidade Planejada.

Qualidades exigidas/Características técnicas		Qualidade planejada								
		Grau de importância	Empresa estudada	Empresa A	Empresa B	Plano da qualidade	Índice de melhoria	Argumento de venda	Peso absoluto	Peso relativo
Nível 1	Nível 2									
Estabilidade	espaçamento regulável	5	3	2	3	5	1,7	1,5	12,5	18%
	não tombar em declive	4	4	3	2	4	1	1,2	4,8	7%
	suportar carga máxima	3	3	3	3	3	1	1	3,0	4%
Fácil operação	troca de espaçamento simples	4	3	4	4	5	1,7	1,5	10,0	15%
	fácil regulagem da esteira dosadora	4	3	2	3	5	1,7	1,2	8,0	12%
	fácil regulagem da esteira alimentadora	4	3	2	3	5	1,7	1,2	8,0	12%
	andar fora do sulco	3	3	3	2	3	1	1	3,0	4%
	fácil carregamento	2	3	2	3	2	0,7	1	1,3	2%
Distribuição uniforme	distribuir cana enleirada	3	3	2	1	3	1	1,0	3,0	4%
	quantidade de cana por metro	2	2	3	2	2	1	1,0	2,0	3%
	espaço de uma cana à outra	3	3	1	3	3	1	1,0	3,0	4%
Qualidade da cana	cana sem danos	4	3	2	2	5	1,7	1,5	10,0	15%
								Total	68,6	100%

Figura 4 – Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida e da Qualidade Planejada.

Fonte: elaboração própria.

Tabela das características técnicas e qualidade projetada

Para a definição das características técnicas, os departamentos que definiram as qualidades exigidas foram reunidos para uma nova sessão de *brainstorming* que gerou as seguintes características técnicas indicadas para o produto estudado: peso do equipamento; espaçamento entre os pneus; especificações técnicas dos pneus; altura da bica; largura da bica; velocidade da esteira dosadora; velocidade da esteira alimentadora; altura do equipamento; capacidade volumétrica e velocidade de trabalho.

Correlação e valores-metas

Com as duas tabelas prontas (Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida e Qualidade Planejada e Tabela de Desdobramento das Características da Qualidade e Qualidade Projetada), foi realizada a relação entre elas. Utilizaram-se os valores apresentados no quadro 4.

Quadro 4 – Valores para correlação

Correlação	Representação sugerida	
	Cor	Valores
Forte	Vermelho	9
Média	Verde	3
Fraca	Azul	1
Inexistente		

Fonte: elaboração própria.

Na figura 5, pode-se verificar a matriz da qualidade completa que proporcionou uma visão geral das necessidades dos clientes considerando vários aspectos como argumento de vendas e concorrência. Dessa forma, foi possível detectar as qualidades exigidas que mais interessam aos clientes da empresa estudada.

De acordo com a matriz, a qualidade exigida “espaçamento regulável” foi considerada a de maior relevância, pois apresentou o maior peso relativo (18%) comparado aos das outras qualidades. O cliente demonstrou ter interesse por uma distribuidora de mudas com espaçamento regulável entre pneus para que tenha várias possibilidades de plantio. Em seguida, tem-se “troca fácil de espaçamento” (15%), revelando que, além da flexibilidade de espaçamento, o equipamento também deve considerar sua facilidade de troca.

Outro entendimento que a matriz apresentou foi a relação entre três outras qualidades: “cana sem danos” (15%), “fácil regulagem da esteira dosadora” (12%) e “fácil regulagem da esteira alimentadora” (12%). Essas qualidades visam melhorar a qualidade da cana na distribuição para plantio.

Já a qualidade exigida com menor importância foi “fácil carregamento”, com peso relativo de 2% e que não apresenta tanto impacto para os clientes.

Analisando-se ainda a figura 5, referente à Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida e Qualidade Planejada, consegue-se obter o direcionamento em relação a algumas qualidades observando-



se a coluna de índice de melhoria, o qual apresenta a divisão entre o plano de qualidade e o desempenho da empresa estudada. Dessa forma, entende-se que quando o índice for igual a 1, a empresa estará cumprindo o plano de qualidade. No caso estudado, 50% das qualidades exigidas cumpriram o plano. Quando o índice for maior que 1, mostra que o grau de desempenho da empresa está menor em relação ao plano de qualidade, indicando que a qualidade exigida deve ser melhorada. Neste caso, 5 qualidades devem ser mais bem estudadas para se obter resultados que se equiparam ao plano de qualidade.

O último ponto de vista que se pode extrair é que, quando o índice de melhoria for menor que 1, o plano de qualidade é superado pelo desempenho da empresa. Na pesquisa, observou-se que a qualidade “fácil carregamento” teve índice menor que 1, indicando que a empresa estava acima do que o cliente necessitava nesse quesito. Quando tais casos ocorrem, é necessária uma análise mais abrangente como, por exemplo, a opção por manter a qualidade desta necessidade; porém, ao se observar as colunas “argumento de vendas” e “peso relativo”, a empresa pode optar por “reduzir o desempenho”, pois o item “fácil carregamento” não representa um argumento de vendas, e o seu peso relativo apresenta apenas o valor de 2%, comparado a todas as outras necessidades, ou seja, este item, por mais que supere o plano de qualidade, não é relevante.

Figura 5 – Matriz da qualidade

Qualidades exigidas/características técnicas	Características técnicas										Qualidade planejada											
	Nível 1	Nível 2	peso do equipamento	espacamento	especificações técnicas pneu	altura bica	largura da bica	velocidade da esteira dosadora	velocidade da esteira alimentadora	altura do equipamento	largura do equipamento	capacidade volumétrica	velocidade de trabalho	Grau de importância	Empresa estudada	Empresa A	Empresa B	Plano da qualidade	Índice de melhoria	Argumento de venda	Peso absoluto	Peso relativo
Estabilidade		espacamento regulável	9	9	1					9	9		3	5	3	2	3	5	1,7	1,5	12,5	18%
		não tombar em declive	9	9	3					9	9		3	4	4	3	2	4	1	1,2	4,8	7%
		suportar carga máxima	1	9	9					3	3	9		3	3	3	3	3	3	1	1	3,0
Fácil operação		troca de espacamento simples	3	3	1	3	3						3	4	3	4	4	5	1,7	1,5	10,0	15%
		fácil regulagem da esteira dosadora						9	3				3	4	3	2	3	5	1,7	1,2	8,0	12%
		fácil regulagem da esteira alimentadora						3	9				3	4	3	2	3	5	1,7	1,2	8,0	12%
Distribuição uniforme		andar fora do sulco	9	9	3		9						3	3	3	3	2	3	1	1	3,0	4%
		fácil carregamento			1					3	3	1		2	3	2	3	2	0,7	1	1,3	2%
		distribuir cana enleirada				9	9	3	9				3	3	2	1	3	1	1,0	3,0	4%	
Qualidade da cana		quantidade de cana por metro				9	3	9					3	2	2	2	2	1	1,0	2,0	3%	
		espaco de uma cana à outra				9	3	9					3	3	3	1	3	3	1	1,0	3,0	4%
		cana sem danos			3	3	3	9	9			1		4	3	2	2	5	1,7	1,5	10,0	15%
Qualidade Projetada		Peso absoluto	0,7	4,4	1,5	1,7	2,3	3,1	3,8	0,8	3,0	0,6	3,1	25,0	Total	Total	Total	Total	Total	68,6	100%	
		Peso relativo	3%	18%	6%	7%	9%	12%	15%	3%	12%	2%	18%	100%	Correlações	Correlações	Correlações	Correlações	9	3	3	1
		Empresa estudada	6.600	0,9/1,5	400/60	2	35	5	5	3,6	2,6	14	7	7	Correlações	Correlações	Correlações	Correlações	3	3	3	1
Metas de desempenho		Empresa A	7.050	0,9	400/55	1,5	40	6	3,3	2,6	14	8	8	8	Correlações	Correlações	Correlações	Correlações	3	3	3	1
		Empresa B	5.500	0,9/1,5	400/60	2	40	6	3,1	2,7	15	8	8	8	Correlações	Correlações	Correlações	Correlações	3	3	3	1
		Metas de desempenho	6.600	0,9/1,5	400/60	2	40	7	7	3,6	2,8	16	7	7	Correlações	Correlações	Correlações	Correlações	3	3	3	1

Fonte: Elaboração própria

Para as características técnicas levantadas pela análise do peso relativo, consegue-se identificar a característica que mais atende às qualidades exigidas, que é o aspecto “espaçamento entre pneus”, com 18%.

As outras características são: “velocidade da esteira alimentadora” (15%), “velocidade de trabalho” (13%), “largura da bica” (12%), “largura do equipamento” (12%) e “velocidade da esteira dosadora” (12%).

Observa-se um nítido relacionamento entre as características “espaçamento entre pneus”, “largura do equipamento” e “largura da bica” com as qualidades exigidas: “espaçamento regulável” e “troca simples de espaçamento”, ou seja, para atingir as duas necessidades dos clientes deve-se dar atenção às características apresentadas no desenvolvimento do produto.

Há outra relação entre “velocidade da esteira alimentadora”, “velocidade de trabalho” e “velocidade da esteira dosadora” com as qualidades exigidas: “fácil regulagem da esteira dosadora”, “fácil regulagem da esteira alimentadora” e “cana sem danos”.

Observa-se que, para as características de maior peso relativo, foram definidos os valores e metas para superarem os concorrentes.

Para a característica técnica “capacidade volumétrica” também foram definidos um valor e uma meta acima da concorrência; mesmo sendo o peso relativo baixo, considera-se esta característica como atrativa, ou seja, quanto mais capacidade de carga, maior satisfação para o cliente, pois, dessa forma, ele ficará um tempo maior realizando o plantio sem haver a necessidade de paradas para carregamento da cana.

Considerações finais

Em um mercado competitivo em que se deve dar importância às necessidades dos clientes e utilizá-las em benefício das melhorias dos produtos, o método QFD permite aprofundar o entendimento das qualidades exigidas e características técnicas que atendam a estas necessidades para serem utilizadas ao longo do desenvolvimento do produto ou para sua melhoria, conforme apresentado neste trabalho. Além disso, o método ajuda na comunicação entre departamentos que fazem parte do ciclo de vida do equipamento, sendo eles: vendas, assistência técnica, *marketing* e desenvolvimento do produto, permitindo uma visão do produto em diversas perspectivas.

Contudo, mesmo diante dos benefícios citados, o departamento que mais se envolveu com o trabalho foi o de assistência técnica, pois o autor estava à frente do departamento e teve facilidade em reunir a equipe para as análises e discussões, o que não aconteceu tão efetivamente com os outros setores, devido à dificuldade de tempo e à falta de apoio gerencial, dificuldades essas que também foram apontadas pelos autores Carnevalli, Sassi, Miguel (2004) e Carnevalli, Miguel e Calarge (2007), o que pode ter dificultado o entendimento de algumas discussões realizadas.

Os resultados da matriz da qualidade foram apresentados para os departamentos que participaram do estudo e serão estudados para a intervenção de melhorias no equipamento estudado. Para que seja dada continuidade a este trabalho, os autores sugerem a continuação do método QFD como um modelo conceitual detalhado sobre o projeto do produto e o referido processo.

Referências

- ABREU, F.S.. QFD - Desdobramento da função qualidade - estruturando a satisfação do cliente. *Revista de Administração de Empresas (RAE)*, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 47-55, June 1997. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rae/v37n2/ao5v37n2.pdf>> Acesso em: 25, mar., 2015.
- ABREU, F.R.; PEREIRA, M.A.C Aplicação de QFD na Fabricação de Embalagens Especiais para a Indústria Automobilística. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 24, 2004, Florianópolis, *Anais...*, Florianópolis, SC: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2004. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2004_Enegepo202_1159.pdf> Acesso em: 25, mar., 2015.
- AKAO, Y. *Desdobramento das diretrizes para o sucesso do TQM*. São Paulo: Editora Bookmam, 1997a.
- AKAO, Y.. QFD: Past, present, and future. In: International Symposium on QFD'97, 1997b, Linköping. p. (1-12).
- BOUCHEREAU, V.; ROWLANDS, H.. Methods and techniques to help quality function deployment (QFD). *Benchmarking: an International Journal*, v. 7, n. 1, p. 8-20, 2000.
- CAMPOS, R.B; MIGUEL, P.A.C. Proposta de uma Aplicação de QFD para Identificação das Necessidades de Treinamento. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 19, 1999, Rio de Janeiro, *Anais...*, Rio de Janeiro: Universidade do Rio de Janeiro (UFRJ), 1999. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999_A0250.PDF> Acesso em: 25, mar., 2015.
- CARNEVALLI, J.A.; MIGUEL, P.A.C; CALARGE, F.A.. Desenvolvimento de um modelo usando o axiomatic design para minimizar as dificuldades no uso do QFD. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27, 2007., Foz do Iguaçu, *Anais...*, Foz do Iguaçu, 2007. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_TR580442_9023.pdf> Acesso em: 15, mar., 2015.
- CARNEVALLI, J.A.; SASSI, A.C; MIGUEL, P.A.C. Aplicação do QFD no desenvolvimento de produtos: levantamento sobre seu uso e perspectivas para pesquisas futuras. *Gestão e Produção*, São Carlos, v.11, n.1, p. 33-49, Apr. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2004000100004&lng=en&nrm=iso> Acesso em: 15, mar., 2015.
- CHENG, L.C.; MELO FILHO, L.D.R. *QFD: Desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos*. São Paulo: Editora Edgard BlücherLtda, 2010.
- DANILEVICZ, A.M.F; RIBEIRO, J.L.D. Desdobramento da qualidade em serviços: um estudo de caso. IN: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 18, 1998. Niterói, *Anais...*, Niterói, 1998. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1998_art437.pdf>. Acesso em: 10, jul., 2015.
- DE LIMA, B.P.; MUNIZ JUNIOR, J.; LOTUFO, P.. Desenvolvimento de embalagem aplicando o método QFD. IN: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 29, 2009, Salvador, *Anais...*, Salvador, 2009. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_091_615_13874.pdf> Acesso em: 17, out., 2014.



- GODOY, L.P.; CHAPOVAL NETO, A.; LORENZETT, D.B.; GUARIENTI, E.P. Melhoria contínua dos processos e combate ao desperdício através da ferramenta QFD: o caso da metalúrgica. *Revista Produção Online*, v. 13, n. 2, p. 417-449, 2013.
- HAUSER, J. R.; CLAUSING, Don. The house of quality. *Harvard Business Review*, 66, 3, p. 63 – 73, 1988.
- KING, B.. *Better designs in half the time: implementing QFD – Quality Function Deployment in America*. Massachusetts: GOAL/QPC, 3ª ed., 1989.
- MARTINS, A.; ASPINWALL, E. M. Quality function deployment: an empirical study in the UK. *Total Quality Management*, 12, 5, p. 575-588, 2001.
- MATSUDA, L.M.; ÉVORA, Y.D.M; BOAN, F.S.. O método desdobramento da função qualidade, QFD, no planejamento do serviço de enfermagem. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 8, 5, p. 97-105, 2000.
- OLIVEIRA, C.E.. *Proposta de questionário de pesquisa para levantamento das características da utilização do QFD em empresas prestadoras de serviços*. Universidade Federal de Itajubá, 2010. Disponível em: <http://www.leansixsigma.com.br/ACERVO/ACERVO_23152523.PDF> Acesso em: 20, jan., 2015.
- OLIVEIRA, L.M.V; DANTAS, L.M; CARVALHO, D.D.C; MACIEL, R.S.; PAULA, V.T.. Aplicação do QFD como uma ferramenta de planejamento da qualidade: estudo de caso na prestação de serviço de uma concessionária. IN: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 30, 2010, São Carlos, *Anais...*, São Carlos, 2010. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_sto_114_751_15192.pdf> Acesso em: 12, set., 2015.
- PINTO, R.S.; FONTENELLE, M.A.M. Desdobramento da função qualidade – QFD - no processo de desenvolvimento de produtos: uma aplicação prática. IN: Encontro nacional de Engenharia de Produção, 33, 2013, Salvador, *Anais...*, Salvador, 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STP_181_033_22774.pdf>. Acessado em: 12, set., 2015.
- SAMPIERI, R.H; COLLADO, C.F.; LUCIO, P.B. *Metodologia de pesquisa*. São Paulo: McGraw-Hill, 3ª Edição, 2006.
- SONDA, F.A.; RIBEIRO, J.L.D.; ECHEVESTE, M.E.. A aplicação do QFD no desenvolvimento de software: um estudo de caso. *Produção*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 51-75. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/prod/v10n1/v10n1a04.pdf>> Acesso em: 15, out., 2014.
- VOLPATO, L.F; MENEGHIM, M.C; PEREIRA, A,C;
- AMBROSANO, G.M.B. Planejamento da qualidade nas unidades de saúde da família, utilizando o Desdobramento da Função Qualidade (QFD). *Cad. Saúde Pública*, v. 26, n. 8, p. 1561-1572, 2010.
- YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman, 2001.



A importância da gestão de pessoas em eventos: um estudo comparativo entre a visão de clientes e a da administração de um bufê

The importance of human resources management in events: a comparative study between the vision of customers and the administration of a buffet

Diogo de Moraes (pro7113@cefsa.edu.br)

Doutor em Administração pela Universidade Municipal de São Caetano do Sul (USCS) e professor na Faculdade de Tecnologia Termomecânica (FTT).

Valéria Feitosa de Moura (pro8073@cefsa.edu.br)

Mestranda em Administração na Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo (FEA-USP) e professora da Faculdade de Tecnologia Termomecânica (FTT)

Ana Beatriz de Carvalho (ana_bia_c@hotmail.com)

Tecnóloga em Processos Gerenciais pela Faculdade de Tecnologia Termomecânica (FTT)

Caio Góis de Oliveira (caio.gois@hotmail.com)

Tecnólogo em Processos Gerenciais pela Faculdade de Tecnologia Termomecânica (FTT)

FTT Journal of Engineering and Business. •
SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP
JUNHO 2016

Submissão: 15 mar. 2016. Aceitação: 2 maio. 2016

Sistema de avaliação: às cegas dupla (*double blind review*).

FACULDADE DE TECNOLOGIA

TERMOMECANICA, p. 26-41



Resumo

Este artigo, de natureza dedutiva e exploratória, objetivou, dentro de seus limites, identificar a importância dos recursos humanos para a área de eventos e seu impacto na qualidade do serviço, contrapondo a visão de clientes com a da administração de um bufê. Como método para se chegar à resposta do problema de pesquisa, foram utilizadas tanto abordagem quantitativa quanto qualitativa. Na etapa quantitativa, a estratégia de pesquisa utilizada foi a *survey*, estruturada por meio de questionários eletrônicos autoadministrados pelos participantes. Já na etapa qualitativa, optou-se pelo método de estudo de caso. Ao analisar os resultados deste estudo, destaca-se a efetividade da participação dos recursos humanos para a qualidade dos serviços prestados por bufê, sendo este um fator considerado importante tanto para a administração do bufê pesquisado quanto para os clientes participantes da pesquisa.

Palavras-chave: Recursos humano. Eventos em bufês Qualidade em serviços.

Abstract

This paper, deductive and exploratory, aims, within its limits, to identify the importance of human resources in the field of events and their impact on service quality opposing the customer view to the management of a buffet. As a method to get the response for the research problem, it was used the quantitative as well as the qualitative approach. In the quantitative stage, the research strategy used was the survey, structured through self-administered electronic quizzes by respondents. In the qualitative step, we chose the case study method. By analyzing the results of this study, it is highlighted the effectiveness of the participation of human resources for the quality of the service done by buffets, being this factor considered important for both the administration of the buffet researched as well as for the customers who participated of the research.

Keywords: Human resources. Buffet events. Service quality.

Introdução

A indústria de serviços é crescente, não só em termos de volume como na variedade e diversidade de benefícios oferecidos, tornando sua importância cada vez mais significativa em muitos países. Com o aumento de concorrentes, é necessário distinguir-se pela qualidade dos serviços e maior satisfação de seus consumidores (TINOÇO; RIBEIRO, 2007).

Percebe-se que grande parte das operações de serviços apoiam-se fortemente nas pessoas. Para o cliente, o ponto mais importante da prestação de serviços é o contato com o pessoal de serviços que o atende. Desse modo, a maioria das organizações de serviços bem-sucedidas possuem sério compromisso com a gestão eficaz de seus recursos humanos, abrangendo recrutamento, seleção, treinamento, motivação e retenção de funcionários (LOVELOCK et al, 2011).

É nas atividades de alto contato com os clientes e realizadas por pessoas que o nível de satisfação do cliente é definido, influenciando significativamente na sua disposição de voltar a utilizar tais serviços. Empresas desse segmento não têm muito a oferecer, além de seus bons serviços, incorporando assim uma grande dependência de seus recursos humanos (CORRÊA; CAON, 2002, DESSLER, 2003).

Desse modo, este estudo objetivou identificar a importância das práticas de recursos humanos para a qualidade de serviços em eventos nessa área por meio da comparação entre a importância atribuída à gestão de pessoas pelos clientes e pela administração de bufês, enfatizando as práticas de recrutamento e seleção, treinamento e desenvolvimento e motivação.

Alguns motivos justificam a escolha do objetivo e do objeto de análise. Primeiramente, em nenhum outro momento da história, a área de recursos humanos foi tão relevante quanto hoje, exigindo sua estruturação e fundamentação associadas diretamente com a demanda de mercado e a concorrência (DESSLER, 2003). Em segundo lugar, os serviços atualmente representam o mais vigoroso setor econômico nas sociedades mais avançadas; a força de trabalho empregada na área de serviços em países como Grã-Bretanha, Japão, Canadá, França e Estados Unidos da América já se situa acima de 60%. A indústria, entretanto, permanece como participante significativa do mercado mundial e estimula o surgimento de empresas prestadoras de serviços (RITZMAN; KRAJEWSKI, 2004, HEIZER; RENDER, 2001). Em terceiro, no Brasil, o mercado de eventos movimentou R\$ 59 bilhões em 2013 e gerou um impacto de R\$ 209 bilhões na economia do país devido a gastos indiretos (FOLHA DE S.PAULO, 2014). E, por fim, o mercado de eventos

é ainda pouco explorado pelos pesquisadores na academia, principalmente com relação à dinâmica de gestão de pessoas, fator essencial para a satisfação do cliente (CESCA, 2008).

Para responder ao problema de pesquisa, este artigo está estruturado de forma a apresentar, no próximo item, uma exposição sobre a gestão de pessoas em eventos, seguida da exposição dos conceitos de qualidade em serviços; na quarta seção, apresenta os procedimentos metodológicos; na quinta e sexta seções, expõe, respectivamente, os resultados das pesquisas quantitativa e qualitativa; e, por fim, na sétima seção, apresenta as discussões e considerações finais.

Gestão de pessoas

Executivos e analistas afirmam que o recurso presente nas empresas capaz de gerenciar riscos e cenários que mudam constantemente é o capital humano, que vem ganhando destaque na era do conhecimento, e pode ser considerado até mais importante que o capital financeiro (PEARSON, 2010; PEQUENO, 2012). Nesse cenário, a gestão de pessoas passou por mudanças significativas que buscam o alinhamento da área com os objetivos estratégicos da organização, pois, os funcionários altamente treinados e competitivos constituem a chave para a competitividade da empresa (DESSLER, 2003).

Desse modo, os recursos humanos são fatores essenciais na prestação de serviços e, portanto, devem ser considerados fundamentais para a área de eventos, uma vez que são responsáveis pela hospitalidade no atendimento diferenciado, de modo a identificar todos os desejos e necessidades dos clientes (RIBEIRO et al, 2004).

Percebe-se, pois, que para atingir o sucesso estratégico, as organizações de eventos devem possuir mão de obra qualificada, sendo necessário, por conseguinte, realizar boas práticas de recrutamento e seleção, treinamento e desenvolvimento e motivação (RIBEIRO et al, 2004, CHIAVENATO, 2010).

Uma força de trabalho bem recrutada contribui de maneira decisiva para que a empresa produza com produtividade elevada (DECENZO e ROBBINS, 2001, CARVALHO; NASCIMENTO, 2002). Segundo Chiavenato (2009a), a tarefa do recrutamento é atrair com seletividade, mediante várias técnicas de divulgação, candidatos que possuam os requisitos mínimos do cargo a ser preenchido. Essa atividade só

pode ser bem realizada a partir de uma estrutura de cargos e salários atualizada, enxuta e dinâmica (CARVALHO; NASCIMENTO, 2002).

A finalidade do recrutamento é abastecer o processo de seleção que, segundo Chiavenato (2009a), é a tarefa de escolher e filtrar, entre os candidatos recrutados, aqueles que tenham maiores probabilidades de se ajustar aos cargos vagos. Esse precisa apoiar-se em técnicas que possibilitem avaliar as informações dos candidatos, bem como suas características pessoais e seu perfil comportamental, considerados elementos diferenciais competitivos dos profissionais (CHIAVENATO, 2010; RABAGLIO, 2001).

Além do processo de seleção bem realizado, é necessário motivar as pessoas na organização. Knapik (2012, p. 134) afirma que “motivar significa ‘mover para a ação’, mobilizar energia e esforços na busca da realização de determinadas metas. Motivação, portanto, é o que move uma pessoa para determinada direção”. Ainda segundo o autor, a preocupação com a motivação está no fato de ela ser um aspecto estratégico, pois demonstra um forte incentivo para o indivíduo agir e conquistar os objetivos.

Corrêa e Caon (2002) enfatizam a importância da motivação de funcionários de serviços em suas operações, destacando que a motivação, para quem tem grande contato com o público, mesmo que indiretamente, é fundamental.

Os autores também destacam que um grande desafio para as empresas é manter as pessoas motivadas, mesmo que seu trabalho seja relativamente simples. Nesse contexto, Robbins (2004) destaca a importância da teoria do reforço, segundo a qual as pessoas devem ser recompensadas repetitivamente, determinando seu comportamento e reforçando aprendizados, já que isso pode maximizar o seu desempenho e sua motivação.

Corrêa e Caon (2002) destacam ainda que é fundamental que a empresa considere não apenas o que as pessoas fazem, mas também o porquê o fazem, de forma que se possa identificar como incentivá-las. Para isso, o autor sugere algumas ações como, por exemplo, esclarecer aos funcionários como a sua atividade influenciará o cliente final, fazê-los sentir-se parte do todo e sentir que a instituição só terá sucesso em sua missão se eles desempenharem seu papel adequadamente.

Além da motivação, para que o funcionário tenha sucesso no desempenho de seu papel, o treinamento é um fator extremamente necessário, pois ele é um dos componentes do processo de desenvolvimento, que inclui experiências que fortalecem e consolidam as características desejáveis de funcionários, referentes à sua função na organização (MILKOVICH; BOUDREAU, 2000). O treinamento tem

como objetivo melhorar o desempenho do funcionário no cargo que ele ocupa (CHIAVENATO, 2009b; ABBAD et al, 2010; BORGES-ANDRADE et al, 2006; MILKOVICH; BOUDREAU, 2000).

Milkovich e Boudreau (2000) destacam que os dois principais métodos de treinamento são: o treinamento em serviço, que é prático e informal e o treinamento fora do serviço, que pode ser mais teórico. Os autores esclarecem que o treinamento em serviço raramente aparece nas estimativas formais colocando o funcionário em uma situação real de trabalho, na qual um empregado mais experiente ou gestor lhe mostra como devem ser feitas as tarefas e os conceitos envolvidos. Conforme apresentado por Oliveira (2007), a formação profissional de quem trabalha em eventos, sendo efetivo ou temporário, se completa na prática, à medida que o funcionário aperfeiçoa suas competências com as experiências vividas durante os eventos. Observando a importância da motivação e do treinamento, a terceirização e o trabalho temporário, processos característicos dos serviços em bufês, podem trazer desvantagens para a organização, pois podem gerar falta de comprometimento organizacional, fator frequentemente responsável pela diminuição da eficácia e da eficiência individuais e organizacionais, e que também, podem gerar deficiência na capacitação, atrapalhando a atividade da empresa (CORRÊA; CAON, 2002).

Nesse contexto, é importante destacar que, para o cliente, é indiferente se o funcionário que o está atendendo é terceirizado ou não. Ele formará opinião sobre a empresa a partir de sua percepção e satisfação com relação ao atendimento. Por isso, o funcionário terceirizado merece exatamente o mesmo grau de importância e valorização, tanto em suas atitudes e habilidades, quanto no treinamento e na motivação (OLIVEIRA, 2007).

Qualidade em serviços

As características do serviço influenciam de forma significativa a satisfação do cliente (TINOCO; RIBEIRO, 2007). Desse modo, um serviço é percebido como de qualidade ou de ótima qualidade quando essas características atendem ou excedem a expectativa do cliente. Portanto, quando as expectativas não são atendidas, o serviço passa a ser percebido como de baixa qualidade (FITZSIMMONS; FITZSIMMONS, 1998; SIQUEIRA, 2006; TINOCO; RIBEIRO, 2007).

Considerando que a avaliação do serviço ocorre durante o processamento (SIQUEIRA, 2006), ou seja, durante a realização das atividades, é possível concluir que sua mensuração é complexa. Além disso, a natureza intangível dos serviços torna complexa a avaliação da satisfação dos clientes, pois envolve atendimento de expectativas, ou seja, benefícios psicológicos oferecidos pelos serviços, que não são elementos facilmente observáveis, e ainda menos mensuráveis (TINOCO; RIBEIRO, 2007). Como afirma Feigenbaum (1991), qualidade é uma determinação do cliente, não de um engenheiro ou de uma decisão gerencial qualquer. Desse modo, identificar todos os requisitos esperados pelos clientes é o ponto fundamental para se obter um serviço com qualidade (FEIGENBAUM, 1991).

Para Tinoco e Ribeiro (2007), os elementos determinantes da satisfação dos clientes são: as expectativas, o desempenho percebido, a não confirmação de expectativas, a qualidade percebida, o valor percebido, o preço, os desejos, afetos e emoções e a imagem corporativa. Carvalho et.al. (2005) e Xavier (2008), ao tratarem especificamente da qualidade em serviços, apresentam os seguintes fatores determinantes: bom atendimento, competências para efetuar o serviço, comunicação, confiabilidade em relação ao produto oferecido, empatia ao entender as necessidades básicas dos clientes, flexibilidade na capacidade de alteração do serviço conforme a necessidade, responsabilidade, segurança na forma de organização e controle, tangibilidade em relação aos elementos físicos como, por exemplo, o local, os elementos de marketing (outdoors ou folhetos) e a apresentação dos funcionários, e agilidade na prestação do serviço.

Dentre os modelos de avaliação da qualidade encontrados na literatura, pode-se citar o modelo Servqual, que é um instrumento desenvolvido para mensurar a qualidade de serviços de uma empresa. Baseia-se em contrapor as expectativas com a realidade encontrada e realizar avaliações a fim de encontrar possíveis falhas (SIQUEIRA, 2006; COUTINHO, 2007).

Procedimentos metodológicos

A pesquisa utilizou o método dedutivo, que, por meio da conexão descendente, parte da teoria já existente (MARCONI; LAKATOS, 2007), e seu modelo de pesquisa foi o descritivo, que, de acordo com Cervo

et al (2002), observa, registra, analisa e correlaciona fatos ou fenômenos sem manipulá-los; busca conhecer as diversas situações e relações de aspectos do comportamento humano; aborda dados e problemas que merecem ser estudados e não tem o seu registro inscrito em documentos.

Como método para se chegar à resposta do problema de pesquisa, foram utilizadas tanto a abordagem quantitativa, com a intenção de evidenciar a percepção dos clientes sobre a importância do capital humano atuante no setor de eventos quanto a abordagem qualitativa, que evidenciou o nível de importância atribuída pela administração de um bufê em relação aos seus recursos humanos.

Os dados foram coletados e ordenados para seu estudo (CERVO et al, 2002); sendo assim, foram essenciais o registro sistemático dos dados e a análise com a maior exatidão possível. Para tanto, foram utilizados os instrumentos adequados a fim de se obter tal precisão, no registro e na comprovação de dados (MARCONI; LAKATOS, 2002).

Na etapa quantitativa, a estratégia de pesquisa utilizada foi a *survey*, estruturada por meio de questionários eletrônicos autoadministrados pelos participantes (COOPER; SCHINDLER, 2003), estratégia que permitiu o levantamento de dados do público desejado sem a necessidade de locomoção do pesquisador, além de ser adequada para utilização em abordagens quantitativas (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2006). Elaborado com base nos construtos identificados na revisão da literatura, o questionário buscou identificar a percepção dos clientes de bufês quanto a importância dos recursos humanos nos serviços prestados. Para a escolha dos respondentes, foi utilizada a técnica de *snowball* (bola de neve), que parte do pressuposto de que todas as pessoas estão conectadas e não existe ninguém totalmente inacessível na sociedade, podendo como método em cadeia, adquirir e distribuir informações entre pessoas (CARVALHO; FERNANDES, 2000). Dessa forma, tornou-se pertinente a utilização da rede social *Facebook* para tal levantamento, pois, por serem compostas por 'nós' e pelas conexões entre usuários, as redes sociais são sistemas que, nas ciências sociais, são representados por sujeitos sociais conectados por algum tipo de relação (SILVA et al., 2006), possibilitando maior probabilidade de se alcançar a amostra desejada dentro da população alvo.

A população alvo da pesquisa de campo foi formada por pessoas que utilizaram serviços prestados por bufês brasileiros entre os anos de 2010 e 2015. Tal escolha justifica-se por se tratar de um tipo de organização prestadora de serviços relacionados aos eventos sociais que compreendem pessoas com diferentes faixas etárias, assim como diferentes perfis socioeconômicos, visto que os eventos mais comuns desse tipo de organização são festas de aniversário e de casamento.

No cálculo do tamanho amostral foram utilizados os procedimentos teóricos da amostragem casual simples para proporção a partir de uma população infinita, dada pela equação abaixo:

$$n = \frac{z^2 p(1-p)}{\varepsilon^2}$$

Onde n representa o tamanho da amostra, p indica a proporção estimada da variável de interesse em um teste piloto ou assumida como 0,50, que maximiza o tamanho da amostra, z o nível de confiança e ε o erro de estimativa máximo admitido (DAVID; DENNIS; THOMAS, 2005). Dessa forma, ao considerar a proporção de 50% para a variável principal da pesquisa, por fornecer a amostra máxima necessária, com uma margem de erro de 5% e nível de confiança de 95,5%, essa amostra equivale, para este estudo, a 400 respondentes.

Na etapa qualitativa, optou-se pelo método de estudo de caso, pois tem por objetivo refletir e aprofundar-se sobre determinado tema, de forma bem detalhada, compreendendo um contexto de forma específica. Porém, os resultados de um estudo de caso não refletem necessariamente a mesma opinião de todos os componentes do mesmo grupo do objeto estudado, mas sim, uma representação da amostra (MASCARENHAS, 2012).

Nesta fase, a coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas estruturadas, com perguntas pertinentes ao estudo (DIEHL; TATIM, 2006), que tiveram por finalidade obter informações que não são encontradas em livros e são muito utilizadas no estudo das ciências sociais. Ela foi realizada a partir de uma conversa de aproximadamente uma hora e trinta minutos, no mês de outubro de 2015, com a gestora do bufê escolhido. Seguindo as recomendações de Mascarenhas (2012), os pesquisadores deixaram a entrevistada responder livremente e não interferiram nas suas respostas, apenas direcionaram-no para o tema principal. A análise de dados foi realizada por meio de comparação, que é aplicada para se entender as semelhanças e diferenças entre dois ou mais elementos que possuem as mesmas características gerais, ou que se encontram dentro de um mesmo contexto (MASCARENHAS, 2012).

Resultados da pesquisa quantitativa

Nesta pesquisa, foi solicitado que o participante avaliasse quais seriam os fatores mais relevantes para a contratação dos serviços de um bufê, a manutenção da qualidade antes e durante o evento, a percepção dos clientes sobre a influência dos recursos humanos no sucesso do evento e, por fim, o grau de satisfação do cliente na última vez que contratou o serviço de um bufê, de acordo com os elementos determinantes da satisfação do cliente apresentados na literatura.

Os resultados, advindos do retorno de 407 questionários válidos para a pesquisa, evidenciaram que os fatores mais relevantes para a contratação dos serviços seriam a qualidade da refeição, assim como a recomendação de alguém que já havia contratado os serviços do bufê. A tabela 1 apresenta os dados relativos aos fatores de influência da contratação dos serviços.

Tabela 1: fatores relevantes para a contratação do bufê

Fatores	Frequência	%
Qualidade da refeição	145	35
Recomendação de pessoas	137	34
Qualidade do atendimento	64	16
Ambiente e decoração	13	3
Outros	48	12
Total	407	100

Fonte: resultados da pesquisa

Por meio dos resultados, também foi possível evidenciar que há fidedignidade nesse tipo de organização, quando comparados os serviços oferecidos na contratação com aqueles efetivamente prestados. A tabela 2 apresenta os dados comparativos.

No que se refere à percepção dos clientes sobre a influência dos recursos humanos no sucesso do evento, constatou-se consenso sobre a importância dos recursos humanos desse fator para o sucesso dos bufês, visto que 88% dos respondentes entrevistados acreditam que tal recurso é muito importante; 11% acreditam ser importante e 1% assinalaram indiferença sobre a influência desse tipo de recurso sobre o sucesso da organização.

Por fim, a pesquisa também constatou que 95% dos respondentes mostraram-se satisfeitos com sua última experiência envolvendo bufês, visto que 57% deles avaliaram sua última contratação desse tipo de serviço como muito boa; 38% como boa; 4% como ruim e 1% como muito ruim.

Tabela 2: comparação entre serviços oferecidos e serviços efetivamente prestados

	Frequência	%
A qualidade dos serviços prestados foi condizente com os serviços oferecidos	338	83
A qualidade dos serviços prestados superou as expectativas dos serviços oferecidos	49	12
A qualidade dos serviços prestados não foi condizente com os serviços oferecidos	20	5
Total	407	100

Fonte: resultados da pesquisa

Resultados da pesquisa qualitativa

A etapa qualitativa é composta por um estudo de caso com um bufê da região do grande ABC, no estado de São Paulo, denominado, para fins desta pesquisa, como Bufê A. A empresa está no mercado há 26 anos, realizando festas infantis e sociais. Já passou por três gestões; a gestão atual está no comando há nove anos. Sua estrutura conta com dois salões, um equipado com brinquedos infanto-juvenis, com capacidade para até 100 convidados, e outro salão com estrutura para atender até 250 pessoas. O bufê atende em média 3,5 mil convidados por mês com a realização de aproximadamente 50 eventos.

O quadro de pessoal é composto por 7 funcionários efetivos divididos nas áreas de produção (cozinha), limpeza e escritório (comercial, financeiro e decoração). Para atender à demanda dos eventos, conta com a contratação de garçons *freelancers*, sendo contratado 1 garçom para cada 15 convidados. Além dos garçons, outros colaboradores também são terceirizados como *freelancers* para as festas, como

seguranças, assessoras, fritadeiras, copeiros e monitores de recreação do salão infantil. Para o serviço de DJ, o bufê possui contrato com uma empresa especializada nesse tipo de atividade e o serviço de estacionamento é realizado por meio de parceria.

O Bufê A não possui vínculo com empresa especializada para a contratação de funcionários e/ou serviços. Os candidatos, tanto para as funções efetivas quanto para as terceirizadas, são recrutados por meio do banco de currículos recebidos, pessoalmente ou por e-mail. O processo de seleção é realizado por meio de entrevista, momento em que é analisado se o perfil do candidato é condizente com as funções e requisitos da vaga a ser preenchida.

Para a seleção de garçons, o processo de entrevista é complementado por uma etapa de teste prático não remunerado, em que o candidato trabalha duas horas antes de um evento e uma hora durante o evento, para que suas habilidades e perfil sejam avaliados. A entrevistada menciona que essa etapa visa identificar, principalmente, as atitudes do candidato frente às situações reais, de modo a verificar suas ações e reações relacionadas aos clientes, evidenciando se possui noções de bom atendimento.

A etapa prática do processo de seleção é considerada pelo bufê como o treinamento desses profissionais, sendo sua eficácia avaliada logo após a realização de um evento, por meio de um *feedback* fornecido pela administração ao candidato. Já para os funcionários efetivos são realizados os treinamentos de brigadista e socorrista, oferecidos pelo sindicato da classe e pelos bombeiros, e são considerados requisitos para o alvará de funcionamento do estabelecimento. Os demais funcionários contratados pelo bufê não recebem treinamento.

A administração do Bufê A tem consciência de que o capital humano pode ser complexo e que a vida pessoal e emocional da pessoa pode influenciar em seu trabalho. Por isso, eles são exigentes na parte de apresentação ao cliente, enfatizando aos funcionários a necessidade de diferenciação entre o trabalho e a vida pessoal, a fim de prezar pela qualidade de atendimento do serviço.

A empresa não possui nenhuma política motivacional, mas afirma que as características e necessidades psicológicas dos funcionários são levadas em conta. A gerente do Bufê A afirma que antes de todas as festas eles reúnem toda a equipe e verificam seu aspecto emocional e seu nível de motivação, identificando a necessidade de conversar em particular ou até mesmo substituir o funcionário por não estar em condições psicológicas de trabalhar, pois deixam clara a importância dos serviços prestados por eles e seu impacto na qualidade do atendimento e no resultado final.

Segundo o Bufê A, a qualidade do serviço influi significativamente no negócio, pois é um fator estratégico para a competitividade e, por isso, estão sempre atentos à qualidade dos alimentos e bebidas, aos parâmetros de higiene e ao correto armazenamento dos insumos. Além disso, dão especial atenção para a manutenção da estrutura e dos equipamentos.

A avaliação do atendimento prestado não é realizada por meio de um indicador gerencial fixo, mas o bufê faz um *feed back* pós-festa com os clientes no mesmo dia ou durante a semana posterior ao evento, para avaliar se suas necessidades foram atendidas e se ocorreu tudo conforme o esperado. A administração acompanha, através das redes sociais, as avaliações dos clientes e sua imagem perante o mercado, já que; através da internet, as informações são disseminadas rapidamente, sejam elas boas ou ruins, sendo a qualidade do atendimento um dos principais motivos de sucesso das empresas.

Também evidencia a importância de tudo estar de acordo com a vontade do cliente e suas necessidades e exigências serem previamente calculadas, pois, caso aconteça um problema, por menor que seja, esse momento pode acabar com a expectativa do cliente e tornar o evento um insucesso. Segundo a entrevistada, o Bufê A tem tanta preocupação em atender as necessidades de seus clientes que instrui seus funcionários a nunca dizer a palavra “não” aos convidados, procurando sempre utilizar outras alternativas, caso não seja possível atender às solicitações. Ela declara que o objetivo é amenizar impactos negativos. A qualidade do atendimento é tão decisiva, segundo a gerente, que, mesmo se o cliente não gostar da comida, ele sairá satisfeito se for bem atendido por toda a equipe de funcionários.

Quando indagada sobre a importância dos recursos humanos frente a outros fatores que envolvem os eventos, a gerente afirmou que um aspecto não é mais importante que outro, e que eles trabalham com todos esses fatores alinhados, a fim de fazer tudo funcionar corretamente de modo a atingir os objetivos organizacionais: “Tudo em um evento é importante; todo evento tem que ser bom a partir da hora em que o cliente chega até a hora em que ele fala: ‘Tchau, até uma próxima’. Nós classificamos tudo como muito importante, tanto a parte humana, como a decoração, a limpeza etc.”

Ela também afirma que as perspectivas e percepções dos clientes são diferentes. No caso da noiva em uma festa de casamento, por exemplo, ela dará mais atenção ao fator decoração. Assim, sob o ponto de vista dela, os recursos humanos, como garçons ou assessoras, passam despercebidos e não são extremamente importantes; seriam apenas pessoas em segundo plano cumprindo seus trabalhos. Já os convidados terão uma perspectiva mais intensa em relação à comida e, principalmente, à qualidade do

atendimento prestado por todos no ambiente do bufê, valorizando mais o serviço e o esforço prestado pelos organizadores e sua equipe.

Discussão dos resultados e considerações finais

Por meio da revisão da literatura referente aos temas que concernem a este estudo, foi desenvolvida a pesquisa que objetivou identificar a importância das práticas de recursos humanos para a qualidade de serviços prestados em eventos e comparar qual a importância atribuída à gestão de pessoas pelos clientes e pela administração de bufês. Nesse quesito, enfatizando as práticas de recrutamento e seleção, treinamento e desenvolvimento e motivação.

Os conceitos e a lógica aplicada do modelo metodológico proporcionaram a base do desenvolvimento desta pesquisa. A análise realizada conseguiu alinhar-se ao objetivo estipulado, feita a partir do estudo de caso e da *survey*, a fim de contribuir com as discussões acadêmicas sobre os recursos humanos em organizações de eventos, tema ainda pouco explorado.

Ao analisar os resultados deste estudo, destacam-se a importância da participação dos recursos humanos para a qualidade dos serviços prestados por bufês sendo este um fator considerado importante tanto para a administração do bufê pesquisado quanto para os clientes participantes da pesquisa; ambos definem esse elemento com determinado grau de importância em um evento. Na pesquisa realizada com os clientes, 83% consideram esse fator muito importante para o sucesso de um evento, enquanto o Bufê A o considera de relativa importância, apesar de não ser entendido como prioridade perante outros elementos. Na visão do bufê, é necessário equilíbrio com outros fatores que compõem os eventos, mas eles assumem influência na percepção do cliente e na qualidade final do serviço prestado.

É válido destacar que a qualidade da refeição é considerada por 35% dos clientes como fator influenciador para a contratação desse tipo de serviço, e o bufê demonstrou grande preocupação com esse processo, inclusive sendo uma área que possui funcionário efetivo.

Cabe ressaltar ainda que a indicação por pessoas que já contrataram um bufê foi assinalada por 34% dos respondentes como um fator influenciador para contratação de serviços de bufês. Esse fator pode conter elementos ocultos, que influenciam o processo de decisão, pois uma pessoa que buscou a avaliação



de outras, em relação a determinado bufê, deve levar em consideração os motivos que a primeira pessoa julgou como de boa qualidade. Evidencia-se essa questão como uma das limitações do estudo, por sua dificuldade em determinar quais são os fatores influenciadores ocultos, uma vez que podem estar relacionados à qualidade de atendimento, refeição, decoração, infraestrutura, custo benefício etc. Desse modo, essa questão oferece oportunidade para a realização de um novo estudo.

Referências

- ABBAD, G. et al. *Manual de treinamento organizacional*. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- BORGES-ANDRADE, J. E. et al. *Treinamento, desenvolvimento e educação em organizações e trabalho: fundamentos para a gestão de pessoas*. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- CARVALHO, A.; NASCIMENTO, L. *Administração de recursos humanos*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.
- CARVALHO, M. C.; FERNANDES, L. *Por onde anda o que se oculta: o acesso a mundos sociais de consumidores problemáticos de drogas através do método do snowball*. Portugal: Revista Toxicodependências, v.6, n.3, p. 17-28, 2000.
- CERVO, A. L. et al. *Metodologia Científica*. 5. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2002.
- _____. *Metodologia Científica*. 6. ed. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2007.
- CHIAVENATO. *Planejamento, recrutamento e seleção de pessoal: como agregar talentos à empresa*. 7. ed. Barueri: Manole, 2009a.
- _____. *Recursos Humanos, o capital humano das organizações*. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009b.
- _____. *Iniciação à administração de recursos humanos*. 4. ed. São Paulo: Manole, 2010.
- COOPER, D. R.; SCHLINDER, P. S. *Métodos de Pesquisa em Administração*. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- CORRÊA, H.; CAON, M. *Gestão de serviços: lucratividade por meio de operações e da satisfação dos clientes*. São Paulo: Atlas, 2002.
- COUTINHO, F. C. C. *Avaliação da qualidade dos serviços em uma instituição de ensino superior*. 123f. Dissertação (Obtenção do título de Mestre em Administração) - Universidade Federal da Bahia: Salvador, 2007.
- DAVID, R. A., DENNIS, J. S., THOMAS A. W. *Estatística aplicada à administração e economia*. 2ª Ed.. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005.
- DECENZO, D.; ROBBINS, S. *Administração de recursos humanos*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- DESSLER G. *Human resource management*. 2. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.
- DIEHL, A.A.; TATIN, D.C. *Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.
- FEIGENBAUM, A. V. *Total quality control*. 3. ed. International Edition, McGraw Hill, 1991.
- FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. *Service management: operations, strategy, and information technology*. Boston: Irwin/McGraw-Hill, 1998.
- FOLHA DE SÃO PAULO. Crescimento do setor de eventos cria oportunidades pelo Brasil, São Paulo, 22 de setembro de 2014. Folha Online Mercado. Disponível em:



<<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2014/09/1519733-crescimento-do-setor-de-eventos-cria-oportunidades-pelo-brasil.shtml>> Acesso em: 29 de agosto de 2015.

GIANESI, I.N.; CORRÊA, H.L. *Administração estratégica de serviços: operações para a satisfação dos clientes*. São Paulo:Atlas, 1996

KNAPIK, J. *Gestão de pessoas e talentos*. Curitiba: Intersaberes, 2012.

MARCONI, M A.;LAKATOS, E. *Técnicas de pesquisa: planejamento e execuções de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração e interpretação de dados*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

_____. *Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MASCARENHAS, S.A. *Metodologia científica*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

MILKOVICH, G. T.; BOUDREAU, J.W. *Administração de recursos humanos*. São Paulo: Atlas 2000.

OLIVEIRA, C. *Contratação de trabalho temporário na área de eventos: vantagens e desvantagens*. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em gestão de negócios em turismo) - Centro de excelência em turismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

PEARSON EDUCATION DO BRASIL. *Administração de RH*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010.

PEQUENO, A. *Administração de recursos humanos*. 1. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

RABAGLIO, M. O. *Seleção por Competências*. 4. Ed. São Paulo: Educator, 2001.

RIBEIRO, F.D. C et al. *Estudo de caso: avaliação da prestação de serviços de lazer e recreação do Petti Gourmet Buffet infantil de São José dos Campos - SP*. São Paulo, 2004. Faculdade de Comunicação e Artes - FCA, Universidade do Vale do Paraíba. Disponível em: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2004/trabalhos/inic/pdf/IC6-138.pdf Acesso em: 29 de agosto de 2015.

ROBBINS, S. P. *Fundamentos do comportamento organizacional*. 7. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. H.; LUCIO, P. B. *Metodologia de pesquisa*. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

SILVA, A. B. O. et al. *Análise de redes sociais como metodologia de apoio para a discussão da interdisciplinaridade na ciência da informação*. *Ciência da Informação*, 35(1), 72-93, 2006.

SIQUEIRA, D. M. R. *Avaliação da qualidade em serviços: uma proposta metodológica*. 213f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.



Avaliação sensorial de marcas comerciais de água mineral sem gás

Sensory evaluation of trademarks of mineral water without gas

Márcia Edilamar Pulzatto (pulzatto@cefsa.edu.br)

Doutora em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e professora na Faculdade de Tecnologia Termomecanica.(FTT)

Angie Mendes Specian (specian_angie@outlok.com)

Tecnóloga em Alimentos pela Faculdade de Tecnologia Termomecanica (FTT)

Gabriela Rodrigues de Souza (gabriela.rs@live.com)

Tecnóloga em Alimentos pela Faculdade de Tecnologia Termomecanica (FTT)

FTT Journal of Engineering and Business. •
SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP
JUNHO 2016

Submissão: 15 mar. 2016. **Aceitação:** 2 maio. 2016

Sistema de avaliação: às cegas dupla (*double blind review*).

FACULDADE DE TECNOLOGIA

TERMOMECHANICA, p. 42-58

Resumo

A água mineral sem gás envasada surgiu como uma alternativa para facilitar o transporte desse produto para locais distantes. Seu consumo nos últimos anos vem crescendo devido à falta de confiança na água fornecida pela rede pública e pela percepção de que a água mineral é confiável e essencial. Nos últimos três anos, o mercado de água mineral envasada cresceu 15%, e apenas no primeiro trimestre de 2014 ocorreu uma expansão de 24%. Este trabalho objetivou avaliar se existe diferença em relação à aceitação sensorial e a preferência entre sete marcas comerciais de água mineral sem gás. As amostras foram testadas por 70 consumidores, nas faixas etárias entre 18 e 60 anos. A maioria relatou que consome o produto para “matar a sede”; o adquire em supermercados, em embalagem de 510 mL, e o preço é considerado o fator mais importante para a decisão de compra. Não foi detectada diferença significativa entre as amostras em nenhum dos atributos sensoriais testados. Resultado similar foi obtido no teste de ordenação, mostrando que não há preferência entre as águas avaliadas. Tais resultados sugerem que o consumidor de água mineral sem gás envasada provavelmente não sabe ou não consegue reconhecer diferenças sensoriais nesse produto.

Palavras-chave: Água mineral. Análise sensorial. Preferência.

Abstract

The spring water emerged as an alternative to facilitate the transport of this product to distant places. Its consumption has been growing in recent years, due to the lack of confidence in the water supplied by the public water system and by the perception that bottled water is reliable and essential. In the last three years the mineral bottled water market grew 15%, and only in the first quarter of 2014 there was an expansion of 24%. This paper aimed to evaluate if there is difference in relation to sensory acceptance and preference among seven brands of mineral water. The samples were tested by 70 consumers, in a range of age groups between 18 and 60 years old. Most consumers reported that they consume the product in order to quench thirst; they buy it at supermarkets, in 510 mL bottles and the price is considered the most important factor for purchasing decisions (in the buying decision process). No significant difference was detected between samples, in none of the sensory attributes tested. Similar result was obtained in the test, showing that there is no preference between the evaluated waters. These results suggest that the consumer of bottled mineral water probably don't know or can't recognize sensory differences in the various brands of this product.

Key words: Mineral water. Sensory analysis. Preference.

Introdução

De acordo com a legislação vigente, água mineral natural é aquela “obtida diretamente de fontes naturais ou por extração de águas subterrâneas, caracterizada pelo conteúdo definido e constante de determinados sais minerais, oligoelementos e outros constituintes” (BRASIL, 2005).

Nos últimos três anos, o mercado de águas minerais envasadas avançou a uma taxa média de 15%. Só no primeiro trimestre de 2014, quando uma onda de calor atingiu o país, foi registrada uma expansão de 25% (SUPERMERCADO MODERNO, 2015).

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Águas Minerais, o mercado apresenta patamares de crescimento próximos a 20% ao ano, e o Brasil é o 8º maior produtor mundial de água mineral envasada, com 7% de participação no mercado global (ABINAM, 2014). Esse crescimento pode ser justificado pela facilidade de manuseio e transporte das embalagens, que podem ser adquiridas em muitos estabelecimentos comerciais. Frente a isso, as empresas de bebidas não alcoólicas encontraram uma maneira de expandir o setor, apostando em embalagens com diversas capacidades e *design* atrativo, visando à conquista do consumidor e estimulando o consumo do produto.

Machado et al (2013) relataram em seu trabalho que o maior fator de motivação da compra de água mineral sem gás é a falta de confiança no produto distribuído pela rede pública de abastecimento, atribuindo melhor qualidade à água envasada. Entre os demais fatores, estão o preço e a marca. De acordo com o trabalho realizado por Guerra (2009), os fatores de motivação podem sofrer variação de acordo com o poder aquisitivo do consumidor, que algumas vezes aceita pagar mais caro por uma marca que lhe transmita maior confiança.

Entre os veículos de comunicação de massa, é possível notar que existem empresas que optam por um *marketing* mais agressivo que as demais, estabelecendo assim uma relação de fidelidade entre a marca e o consumidor, o que pode estimular as vendas. Este fato foi um fator inspirador para a realização do presente trabalho, despertando nas autoras o anseio de saber se existem marcas mais aceitas e/ou de maior preferência por parte dos consumidores em relação aos aspectos sensoriais.

A análise sensorial, aliada às análises físico-químicas e microbiológicas, oferece condições de gerar resultados muito importantes que podem determinar o sucesso ou o fracasso de um produto. Em um

mercado cada vez mais exigente, manter a qualidade sensorial do produto favorece a fidelidade do consumidor (TEIXEIRA, 2009).

O entendimento dos fatores que envolvem a escolha de um produto possibilita tanto a sua inovação como o desenvolvimento de uma nova marca (DUTCOSKY, 2011; MINIM, 2010). Segundo Dutcosky (2011), pode-se definir preferência como a escolha de uma amostra ou produto em relação a outro, ou ainda a percepção psicológica na qual se baseia a escolha, enquanto a aceitabilidade pode ser definida através da determinação do grau de preferência ou não de uma ou mais amostras, a partir da comparação entre elas.

A escolha da água mineral sem gás para objeto de estudo se deu por conta da importância desse líquido para o corpo humano e da expansão de mercado nas vendas desse produto, que tem atraído a atenção de grandes empresas dominantes do setor de bebidas não alcoólicas. Frente ao exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar sete marcas comerciais de água mineral envasada sem gás, para identificar se existem diferenças entre elas em relação à preferência e à aceitação sensorial.

Material e métodos

Material

Para a realização dos experimentos, foram utilizadas amostras de água mineral sem gás envasada de sete marcas comerciais diferentes, todas adquiridas em estabelecimentos comerciais da cidade de São Paulo e região do Grande ABC, em garrafas plásticas contendo 510 mL do produto.

Métodos

Seleção das marcas comerciais

As marcas foram selecionadas através de um levantamento feito em supermercados, de grande e médio porte, localizados na cidade de São Paulo e região do Grande ABC e por meio de uma enquête respondida por alunos e professores da Faculdade de Tecnologia Termomecânica (FTT).

Análise sensorial

Recrutamento e seleção dos consumidores

Uma enquete contendo 10 perguntas foi entregue a 175 alunos e professores dos cursos de Tecnologia em Alimentos e Tecnologia em Mecatrônica Industrial da FTT, com o objetivo de identificar os consumidores de água mineral sem gás, a frequência e os hábitos de consumo dos respondentes em relação ao produto, além de outros aspectos relevantes ao estudo (figura 1).

Para a formação do grupo de julgadores, foram selecionados os respondentes que se revelaram consumidores do produto, que apresentaram a maior frequência de consumo, que se mostraram interessados em participar da análise sensorial e que demonstraram ser capazes de perceber diferenças sensoriais.

Nome: _____ Idade: _____ Sexo: M () F () Turma: _____

1. Você é consumidor de água mineral sem gás?

- () Não
() Sim

Em caso afirmativo, responda as perguntas abaixo.

2. Com qual frequência você consome este produto?

- () Diariamente
() Semanalmente
() Quinzenalmente
() Mensalmente
() Raramente

3. Em qual situação você mais consome este produto?

- () Durante a prática de esporte
() Em dias quentes
() Entre refeições
() Para "matar a sede"
() Por questões de saúde
() Indiferente

4.. Dentre as marcas de água mineral sem gás envasada mencionadas abaixo, assinale aquela (s) que você tem o hábito de consumo Você poderá assinalar até três marcas.

- () Bonafont®
() Crystal®
() Prata®



- () Pureza Vital®
() São Lourenço®
() Schin®
() Outra(s) _____
5. Em que temperatura você costuma consumir este produto?
() Ambiente
() Gelada
() Indiferente
6. Em qual embalagem você costuma adquirir este produto?
() Copo (200mL)
() Garrafa (510mL)
() Garrafa (1,5L)
() Garrafa (5L ou 6L)
() Galões (10 L)
() Galões (20L)
() Outra(s) _____
7. Você costuma comprar esse produto em qual local?
() Lanchonete
() Loja de conveniência
() Padaria
() Supermercado
() Outro(s) _____
8. No momento da compra desse produto, quais aspectos você mais considera? Você poderá assinalar até três aspectos.
() Artísticos (rótulo, tampa, design da embalagem)
() Físicos (composição em sais minerais e outros aspectos)
() Higiênicos
() Marca
() Preço
() Sensoriais
() Outros _____
9. Você consegue perceber diferença sensorial entre as marcas comerciais deste produto?
() Não
() Sim
- Se sim, em qual atributo?
() Aparência
() Cor
() Frescor
() Odor
() Sabor
() Textura (água leve)
() Outros _____
10. Você gostaria de participar de testes sensoriais para avaliação de água mineral sem gás?
() Não
() Sim

Figura 1 - Enquete utilizada para recrutamento e seleção dos consumidores de água mineral sem gás

Testes sensoriais

Para avaliar sensorialmente as sete amostras comerciais de água mineral sem gás, dois testes sensoriais foram realizados: o de aceitação, com o uso da escala hedônica, e o de ordenação-preferência.

Preparo e apresentação das amostras

As amostras foram preparadas e apresentadas codificadas aos julgadores, em copos de acrílico descartáveis e transparentes, em porções de 30 mL cada uma, e em temperatura variando entre 20°C e 22°C (BRASIL, 2005).

Antes do início dos testes (aceitação e ordenação-preferência), os julgadores foram orientados a enxaguar a boca com água e, posteriormente, aguardarem dois minutos para que a saliva se espalhasse pela região bucal e, só após esse procedimento poderiam realizar a análise.

As amostras foram apresentadas aos julgadores em blocos de 3 amostras para cada um, seguindo o delineamento de blocos incompletos parcialmente balanceados (BOSE; NAIR; 1939 apud BRITO; HASHIMOTO; 2009). Tal delineamento foi adotado com o objetivo de se obter um grande número de amostras em teste e devido à dificuldade de se fazer com que cada julgador avaliasse corretamente cada uma das amostras pesquisadas. Dessa maneira, cada amostra foi avaliada 30 vezes.

O delineamento de blocos incompletos parcialmente balanceados (PBIB) foi introduzido por Bose e Nair, 1939 (apud BRITO; HASHIMOTO, 2009), como uma forma de avaliar um grande número de tratamentos. Ao contrário dos delineamentos de blocos incompletos balanceados (BIB), os PBIB não se limitam à exigência de um mesmo número de repetições para pares de tratamentos. Tal fato o torna uma alternativa mais ampla para planos experimentais, haja vista que nem sempre é possível fazer com que cada tratamento ocorra, com um outro, em um mesmo bloco, no mesmo número de vezes (RIBEIRO, 2006).

Os testes sensoriais foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial da FTT, em cabines individuais, onde os julgadores receberam orientações sobre a realização.

Testes de aceitação

Todas as amostras foram avaliadas através do teste de aceitação utilizando a escala hedônica estruturada de 9 pontos (1 = desgostei extremamente, 9 = gostei extremamente e um ponto intermediário = 5, correspondendo ao nem gostei, nem desgostei) (DUTCOSKY, 2011). Nesse teste, foi solicitado aos julgadores que avaliassem cada uma das amostras, segundo o grau de gostar ou desgostar, os atributos aparência, odor, sabor, sabor residual, leveza e aceitação global. As definições dos atributos sabor residual e leveza foram fornecidas aos julgadores, sendo descritas, respectivamente, como “sabor que fica na boca após engolir a amostra” e “propriedade de um líquido pouco denso e pouco espesso”, a fim de evitar dúvidas quanto ao significado de cada um deles. As amostras foram apresentadas aos julgadores de maneira monádica sequencial. Na figura 2, está apresentada a ficha de resposta empregada no teste de aceitação.

Nome: _____ Idade: _____ Turma: _____ Data: _____
Você está recebendo uma amostra codificada de água mineral sem gás. Por favor, prove a amostra e avalie cada um dos atributos mencionados, segundo o grau de gostar ou desgostar, utilizando a escala abaixo.
9. Gostei extremamente 8. Gostei moderadamente 7. Gostei regularmente 6. Gostei ligeiramente 5. Nem gostei, nem desgostei 4. Desgostei ligeiramente 3. Desgostei regularmente 2. Desgostei moderadamente 1. Desgostei extremamente
Comentários: _____ _____
Obrigado por sua participação; ela é muito importante para o nosso trabalho!

Figura 2 - Ficha empregada no teste de aceitação

Os dados obtidos a partir da realização do teste de aceitação foram tratados estatisticamente, utilizando-se a análise de variância (ANOVA), e considerando-se o nível de 5% de significância

Teste de ordenação-preferência

Para avaliar a preferência entre as amostras foi empregado o teste de ordenação. Ao julgador, foi solicitado que avaliasse e ordenasse as amostras de acordo com a sua preferência, em ordem crescente (DUTCOSKY, 2011). Na figura 3, está apresentada a ficha de resposta empregada na realização do teste.

Os dados obtidos a partir da realização do teste de ordenação-preferência foram avaliados pelo Teste de Friedman e pela Tabela de New Macfarlane, considerando-se o nível de 5% de significância.

Nome: _____ Idade: _____ Turma: _____ Data: _____
Você está recebendo 3 amostras codificadas de água mineral sem gás. Por favor, prove as amostras, da esquerda para a direita, e ordene-as de acordo com sua preferência.

Menor preferência Maior preferência
Comentários: _____

Obrigado por sua participação; ela é muito importante para o nosso trabalho!

Figura 3 - Ficha empregada no teste de ordenação-preferência

Resultados e discussão

Recrutamento e seleção dos consumidores

A enquete para recrutamento e seleção dos julgadores foi respondida por 175 respondentes; dentre estes, 58,6% foram do sexo feminino, e 41,4%, do masculino, com idades entre 18 e 60 anos. A partir das respostas foi possível conhecer os hábitos de consumo dos respondentes, em relação à água mineral sem gás.

Analisando-se a frequência de consumo de água mineral sem gás, verificou-se que a opção “diariamente” foi predominante, totalizando 79,8% das respostas, sendo as demais frequências distribuídas entre 10,4% para o item “semanalmente”, 5,2%, para “quinzenalmente”, 2,3%, para “mensalmente” e 2,3%, para “raramente”.

Do total de respondentes da enquete, somente 70 consumidores (40% do total), sendo 58,6% mulheres e 41,4%, homens, participaram efetivamente dos testes sensoriais. Dentre estes, 75,0% pertenciam à faixa etária de 18 a 20 anos; 17,9%, à de 21 a 30 anos; 5,4%, à de 31 a 40 anos; 1,2%, à de 41 a 50 anos e 0,6% à faixa acima de 51 anos.

Aos entrevistados foi perguntado qual era a situação em que ocorria o maior consumo de água mineral. Os resultados mostraram que 26% consomem o produto para “matar a sede”; 19%, em dias quentes; 16%, durante a prática de esportes; 14% o consomem indiferentemente da situação; 10%, para se refrescarem; 10%, por questões de saúde e 3%, entre as refeições. Diante do exposto, pode-se observar que o maior consumo ocorre para “matar a sede”, segundo os entrevistados. Guerra (2009) realizou um estudo semelhante, na cidade de Porto Alegre, com 120 pessoas e um resultado similar foi encontrado por este autor, sendo que a maior parte dos entrevistados respondeu que consome água mineral sem gás para “matar a sede”.

A enquete realizada também investigou as marcas comerciais de água mineral sem gás de maior consumo pelo público respondente. Bonafont® (33,8%) e Crystal® (33,1%) representaram as marcas mais consumidas, seguidas por Minalba® (13,6%), Nestlé Pureza Vital® (10,1%), São Lourenço® (2,8%), Schin® (2,5%) e Prata® (2,3%). Além destas, as marcas de água Poá®, Aquíssima®, Aldeinha® e Bioleve® também

foram citadas totalizando apenas 1,6% e, por esse motivo, foram consideradas como "Outras". Apenas uma pequena proporção de respondentes mencionou ser indiferentes às marcas.

Segundo dados de *Supermercado Moderno* (2015), as cinco principais marcas comerciais de água mineral sem gás mais vendidas nos supermercados da região da Grande São Paulo são, respectivamente: Bonafont®, Crystal®, Minalba®, Nestlé Pureza Vital® e Lindoya Verão®. Nesta pesquisa, há indicação de que a marca Crystal®, líder por quatro anos consecutivos, vem sendo ultrapassada pela Bonafont®. É possível perceber que a resposta dada pelo público entrevistado, no presente estudo, está em consonância com o que foi apresentado por *Supermercado Moderno*.

Em uma pesquisa de observação feita nos supermercados da região da Grande São Paulo pelas autoras deste trabalho, percebeu-se que a marca Bonafont® ocupa a maior parte das gôndolas com seus produtos, que vão das garrafas de 510mL até as de 5L. Isso pode ser atribuído, também, ao forte *marketing* realizado pela empresa, que se utiliza de comerciais na rede de televisão e *site* de fácil acesso, os quais aproximam o consumidor da empresa, construindo assim uma relação de fidelidade à marca, que está relacionada à percepção de risco de compra, ou seja, à percepção de que algo pode dar errado ou gerar consequências indesejáveis em uma ato de compra (MACHADO *et al.*, 2013).

Quanto à temperatura em que o produto é consumido, 52,9% dos pesquisados responderam que consomem a água mineral sem gás gelada, enquanto 24,7% à temperatura ambiente e 22,4% consideram indiferente a temperatura de consumo. Embora a maioria dos respondentes tenha indicado que prefere consumir água mineral gelada, a temperatura apropriada para a realização de testes sensoriais envolvendo este produto é de 20°C a 22°C, de acordo com Brasil (2005). Diante disto, essa foi a temperatura adotada para a realização dos testes sensoriais empregados neste trabalho.

Quanto ao tamanho da embalagem, dentre os entrevistados, 53,5% responderam que adquirem o produto em garrafas de 510mL. Este resultado reforça a ideia de crescimento do mercado de água mineral sem gás engarrafada nos últimos anos, uma vez que o consumidor procura cada vez mais a praticidade ao adquirir um produto. Segundo relato feito por Guerra (2009), em seu estudo, as embalagens com menor volume facilitam seu manuseio e transporte. Dessa forma, é possível entender o alto consumo de água mineral em garrafas plásticas de 510mL.

Em um trabalho realizado por Machado *et al.* (2013), 61,5% dos 104 participantes, alegaram adquirir a água mineral sem gás, em garrafa, por ela apresentar melhor qualidade em relação ao produto fornecido

pela rede pública de abastecimento, além de a consumirem em função da necessidade de hidratação, o que, para esses autores, é um fator de motivação da compra.

Quanto aos principais locais para a aquisição de água mineral sem gás, o supermercado foi citado por 49,2% dos respondentes, sendo seguido pelas lanchonetes (22,8%), lojas de conveniência (15,5%), padarias (9,8%) e outros locais (2,6%), dentre eles, distribuidores, purificadores de água e venda em semáforos. No estudo realizado por Guerra (2009) em Porto Alegre, também foi constatado que o principal ponto de compra de água mineral sem gás é o supermercado, seguido pelas distribuidoras, bares, lanchonetes e minimercados.

Dentre os aspectos considerados de maior importância no momento da compra da água mineral sem gás, o que predominou foi o "preço", com 32,0% do total de respostas. Dentre os demais aspectos investigados, a "marca" recebeu 22,3% e as "questões higiênicas", 21,8% de indicação cada uma. Os "aspectos artísticos" receberam 11,8%; as "características sensoriais" e "físicas", apenas 6,3% e 6,0%, respectivamente. Este resultado indica que a marca, quando avaliada junto ao preço, não é o fator mais importante para a decisão de compra desse produto, uma vez que este fator recebeu apenas 22,3% das indicações, contra 32,0% recebidas pelo preço.

Segundo Moura, Moura e Cunha (2010), o processo de tomada de decisão de compra de água mineral sem gás engarrafada tem início na percepção do preço e das marcas, pois, segundo estes, o consumidor pode aceitar pagar um pouco mais por uma marca que ele julgue de maior confiança e/ou que possa lhe trazer algum benefício, caracterizando-se o desejo definido por Machado et al. (2013). Em contrapartida, o estudo realizado por Guerra (2009) revela que o preço não é o fator de maior influência no momento da compra. Conforme esse autor, esse dado pode variar em função do poder aquisitivo do consumidor.

Ainda de acordo com todos estes autores, embora o consumidor esteja atento aos rótulos do produto, buscando informações sobre o teor de minerais, pH e local da fonte, ele não é capaz de perceber diferenças entre uma marca e outra. Tal questão pode ser observada também no presente trabalho, uma vez que as características físicas e sensoriais receberam apenas 6,3% e 6,0%, respectivamente, de indicação como fatores importantes no momento da decisão pela compra desse produto.

Por fim, os entrevistados foram questionados quanto à percepção ou não de diferenças sensoriais entre águas minerais sem gás, sendo que 57% deles responderam que percebem diferenças sensoriais, enquanto os 43% restantes disseram não perceber diferença alguma. Dentre aqueles que afirmaram

identificar diferenças sensoriais, 46,7% responderam que percebem a maior diferença no sabor; 17,1%, na leveza; 13,2%, no odor; na aparência e frescor; 9,2%, em cada um dos atributos; e apenas 5,3% percebem diferença na cor.

Confrontando as respostas obtidas nesta pergunta com aquelas em que o respondente é indagado sobre os aspectos que considera no momento da compra da água mineral sem gás, é possível perceber que, embora ele afirme perceber diferenças entre as características sensoriais, em especial, no sabor, entre as diversas marcas de águas minerais, ele não considera este um fator relevante para definir a compra de uma marca em relação a outra. De acordo com a resposta, somente 6,0% dos respondentes consideram as características sensoriais um fator importante.

Testes sensoriais

Teste de aceitação

Na tabela 1 estão apresentadas as notas médias obtidas no teste de aceitação, com o uso da escala hedônica, empregado para avaliar a aparência, o odor, o sabor, o sabor residual, a leveza e a aceitação global das sete amostras comerciais de água mineral sem gás.

Tabela 1: Notas médias obtidas no teste de aceitação pelas sete amostras de água mineral sem gás

ATRIBUTOS	AMOSTRAS						
	854	549	925	114	777	383	226
Aparência	8,6 ^a	8,6 ^a	8,5 ^a	8,4 ^a	8,4 ^a	8,7 ^a	8,4 ^a
Odor	8,1 ^a	8,4 ^a	8,3 ^a	8,0 ^a	8,2 ^a	8,2 ^a	7,9 ^a
Sabor	7,5 ^a	7,0 ^a	7,6 ^a	7,7 ^a	7,6 ^a	7,3 ^a	6,9 ^a
Sabor residual	7,3 ^a	6,5 ^a	7,2 ^a	7,2 ^a	6,9 ^a	6,6 ^a	6,5 ^a
Leveza	7,5 ^a	7,5 ^a	7,9 ^a	7,8 ^a	7,5 ^a	7,6 ^a	6,9 ^a
Aceitação global	7,6 ^a	7,3 ^a	7,9 ^a	7,8 ^a	7,5 ^a	7,4 ^a	7,1 ^a

Médias com letras iguais, na mesma linha, indicam não haver diferença significativa ao nível de 5%.

854, 549, 925, 114, 777, 383 e 226: códigos utilizados para identificar as sete marcas comerciais de água mineral sem gás, durante a realização dos testes sensoriais.

Observando os resultados apresentados na tabela 1, é possível constatar que não houve diferença significativa entre as amostras em relação à aceitabilidade em todos os atributos avaliados.

Embora 57% dos respondentes da enquete, empregada para recrutamento e seleção de julgadores, tenham afirmado serem capazes de perceber as diferenças sensoriais entre as marcas comerciais de água mineral sem gás, especialmente quanto ao atributo “sabor”, esta informação não foi evidenciada no estudo em questão.

Analisando-se as notas médias alcançadas pelas amostras em cada um dos atributos avaliados, percebe-se que a “aparência” e o “odor” foram as características sensoriais mais bem avaliadas, uma vez que atingiram notas variando entre 7,9 e 8,7, indicando que os julgadores gostaram moderadamente e extremamente destes atributos, segundo a escala empregada para avaliação.

O “sabor residual”, por outro lado, foi o atributo que recebeu as menores notas médias (entre 6,5 e 7,3), sugerindo que os julgadores gostaram apenas regularmente desta característica. Águas minerais sem gás que contêm maior quantidade de sódio podem vir a ter sabor residual mais perceptível, pois o sódio está diretamente ligado ao resíduo da água (PINTO, 2006).

Quanto às demais características avaliadas como o “sabor”, a “leveza” e a “aceitação global”, as notas médias alcançadas indicam que os consumidores gostaram regularmente e moderadamente destes atributos.

Vale ressaltar que, dentre as amostras testadas, existiam algumas que em seus rótulos era mencionado o termo “leve”. Entretanto, o resultado apresentado pelo teste indica que esta característica não foi percebida sensorialmente pelos consumidores, nas condições em que o teste foi realizado, pois nenhuma diferença significativa foi encontrada entre todas as amostras testadas. Além disso, na enquete realizada, apenas 17% dos respondentes indicaram que percebiam diferença na “textura”, ou seja, na “leveza”, mas esta afirmação não foi demonstrada pelo teste sensorial realizado.

Comportamento similar foi percebido em relação ao atributo “sabor”, uma vez que, na enquete aplicada, 47% dos entrevistados indicaram que percebiam diferença em relação a este atributo, mas esse dado não pôde ser confirmado, visto que não foi percebida diferença significativa em relação a ele, nas condições em que este teste foi realizado e para as marcas de água mineral sem gás analisadas.

Teste de ordenação-preferência

Na tabela 2, estão apresentados os totais de ordenação obtidos por cada uma das amostras. As diferenças entre os totais de ordenação foram avaliadas e comparadas ao total crítico encontrado na tabela de Newel e MacFarlane (mínimo 50, ao nível de 5% de significância).

Observando-se os resultados, verifica-se que as diferenças entre os totais de ordenação apresentaram-se menores que o valor crítico tabelado indicando, assim, que não há diferença significativa em relação à preferência entre as amostras testadas.

Tabela 2: Totais de ordenação obtidos pelas amostras no teste de ordenação-preferência

	Amostras						
	854	549	925	114	777	383	226
Totais de ordenação	62 ^a	48 ^a	67 ^a	58 ^a	69 ^a	61 ^a	55 ^a

Totais de ordenação com letras iguais indicam não haver preferência significativa ao nível de 5%.

854, 549, 925, 114, 777, 383 3 226: códigos utilizados para identificar as sete marcas comerciais de água mineral sem gás durante a realização dos testes sensoriais.

Comparando estes resultados com aqueles apresentados pelo teste de aceitação, é possível verificar uma coerência entre eles, uma vez que, nas duas situações, não foi percebida preferência entre as amostras e nem diferença significativa em relação à aceitação, sugerindo ainda que o consumidor, nas condições em que foram realizados os testes e para as amostras testadas, provavelmente não sabia ou não conseguiu reconhecer diferenças entre as características sensoriais da água mineral sem gás.

Considerações finais

Nas condições em que os testes foram realizados, considerando-se os resultados e as discussões é possível concluir que não houve diferença significativa entre as amostras em relação à aceitabilidade em todos os atributos avaliados.

Os atributos “aparência” e “odor” foram mais bem aceitos em relação aos demais. Não foi verificada preferência entre as amostras, resultado coerente com o obtido no teste de aceitação.

Diferentemente do que foi identificado por meio da enquete, os consumidores provavelmente não souberam ou não conseguiram reconhecer diferenças entre as características sensoriais das marcas comerciais de água mineral sem gás avaliadas.

Referências

- ABINAM. Água mineral: uma fonte de benefícios para a saúde. Disponível em: <http://www.abinam.com.br/lermais_materias.php?cd_materias=398&friurl;=-Agua-Mineral:-uma-fonte-de-beneficios-para-a-saude>. Acesso em: 21 nov. 2014.
- BRITO, E; HASHIMOTO, E. Delineamento de Blocos Incompletos. Disponível em: <http://verde.esalq.usp.br/~jorge/cursos/seminarios_2009/BCI_Texto.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2015.
- BRASIL. Instituto Adolfo Lutz. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005.
- DUTCOSKY, S. D. *Análise sensorial de alimentos*. 4. ed. Curitiba: Universitária Champagnat, 2011.
- GUERRA, C. K. *Influência no consumo de água mineral em Porto Alegre*. 2009. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- MACHADO, A. D. *et al.* Avaliação dos rótulos e fatores de motivação de compra de águas minerais no município de São Paulo. *Revista Simbio-Logias*, São Paulo, v. 6, n. 9, p.73-84, dez. 2013.
- MINIM, V. P. R. *Análise sensorial: estudo com consumidores*. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010.
- MOURA, L. R. C.; MOURA, L. E. L. de; CUNHA, N. R. S. O comportamento de compra e a percepção dos atributos da água mineral pelos seus consumidores. São Carlos: Abepro, 2010. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_wic_117_768_16528.pdf. Acesso em: 25 fev. 2015.



PINTO, B.V. *Características químicas e físico-químicas de águas subterrâneas do Estado do Rio de Janeiro*. 2006. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

RIBEIRO, P. C. M. *Análise de covariância intrablocos de delineamento de blocos incompletos parcialmente balanceados com duas classes de associados e de variáveis auxiliares*. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

SUPERMERCADO MODERNO. Bebidas não alcoólicas/água mineral. 2015. Disponível em: <http://www.sm.com.br/resultado-de-busca-gps/bebidas-nao-alcoolicas/agua-mineral>. Acesso em: 27 fev. 2016.

TEIXEIRA, L. V. *Análise sensorial na indústria de alimentos*. Instituto Cândido Tostes, Juiz de Fora, v. 64, n. 366, p.12-21, jan. 2009.



Mitigação do efeito Alert Fatigue para a maximização da eficiência nos sistemas de suporte à decisão clínica

Mitigating the effect of alert fatigue to maximize the efficiency of clinical decision support system

Felipe Mancini (fmancini@unifesp.br)

Doutor em Informática em Saúde pela Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) e professor adjunto da Unifesp

Thiago Schumacher Barcelos (tfbarcelos@ifsp.edu.br)

Doutor em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Cruzeiro do Sul (Unicsul) e professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (Ifesp)

Dinarde Almeida Bezerra (dinarde@gmail.com)

Especialista em Informática em Saúde pela Unifesp e em Tecnologias em Sistemas de Informação pela Universidade Federal do ABC (Ufabc). Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Faculdade de Tecnologia Termomecânica (FTT).



Resumo

Resumo: Objetivos: identificar e sintetizar as adaptações necessárias nos sistemas de apoio à decisão clínica (SADC) para a mitigação do efeito *Alert Fatigue* sem comprometimento da segurança do paciente. Métodos: revisão integrativa da literatura em bases científicas que satisfaçam os objetivos. Resultados: identificou-se que a imprecisão dos alertas nos SADC tem produzido um efeito conhecido como *Alert Fatigue*, que reduz o grau de eficiência desses sistemas. Embora, comprovadamente, os SADC ofereçam maiores níveis de segurança à prescrição de medicamentos, cerca de 33% a 96% de todos os alertas são desprezados sem que haja a decisão requerida. Este estudo apresenta técnicas apontadas em artigos científicos que propõem a mitigação desse efeito. Conclusão: ainda que seja um desafio, adaptações nos alertas atuais dos SADC são seguras, possíveis e necessárias para a mitigação do *Alert Fatigue* em prol da maximização da eficiência dos SADC.

Palavras-chave: Alert Fatigue. Sistemas de apoio a decisões clínicas. Erros de medicação.

Abstract

Objectives: To identify and synthesize the necessary adjustments in clinical decision support systems (CDSS) in order to mitigate the effect of *Alert Fatigue* without compromising patient safety. Methods: integrative review of the literature on a scientific basis to meet the goals. Results: it was identified that the vagueness of the alerts in CDSS has produced an effect known as *Alert Fatigue*, which reduces the degree of efficiency of these systems. Although it was proven that the CDSS offer greater levels of security to the prescription of drugs, about 33% to 96% of all warnings are disregarded without the required decision. This study presents techniques outlined in papers proposing mitigating this effect. Conclusion: although it is a challenge, adjustments to current alerts of CDSS are safe, possible and necessary to mitigate the *Alert Fatigue* in favor of maximizing the efficiency of CDSS.

Keywords: Alert Fatigue. Clinical decision support systems. Medication errors.

Introdução

Estudos apontam que um dos pontos mais críticos à saúde pública mundial está relacionado aos erros na prescrição, dispensação e administração de medicamentos (JUNG et al, 2012; KESSELHEIM et al, 2011; ROSA et al, 2009; WRIGHT et al, 2012). De acordo com estimativa da Organização Mundial da Saúde (OMS) e da Comissão Europeia (JUNG et al, 2012), aproximadamente 10% de todos os pacientes nos países desenvolvidos são prejudicados por erros de medicação ou eventos adversos à medicação (EAM) durante uma internação. Estudos registrados no *Harvard Medical Practice Study I e II* estimaram que cerca de 98.000 norte-americanos morrem por ano em decorrência de erros associados à assistência à saúde (ROSA et al, 2009). Outro estudo revela que de 2,4% a 3,6% das admissões hospitalares são decorrentes de EAMs e que 69% desses eventos poderiam ter sido evitados. Já para pacientes internados, a taxa de incidência de EAMs varia de 0,7% a 6,5%, e destes, de 17% a 56% também poderiam ser evitados (SCHEDLBAUER et. al, 2009). Diante disso, ações que garantam a medicação segura têm-se tornado alvo na saúde pública mundial (JUNG et al, 2012).

O Conselho da Europa (JUNG et al, 2012) define erro na medicação como “qualquer evento evitável que pode causar ou levar ao uso inadequado da medicação ou provocar dano ao paciente enquanto a medicação está sob o controle do profissional de saúde, paciente ou consumidor”, e define um EAM como “qualquer lesão que ocorre durante uma terapia medicamentosa resultante de cuidados adequados, inadequados ou abaixo do ideal”.

Em torno de 56% a 71% dos eventos adversos à medicação, (que poderiam ser) evitáveis, ocorrem durante a prescrição (JUNG et al. 2012). A implementação de sistemas de prescrição eletrônica associados aos Sistemas de Apoio à Decisão Clínica (SADC) tem melhorado a qualidade da assistência à saúde e a segurança do paciente, promovendo a redução nas taxas de erros e eventos adversos à medicação (JUNG et al, 2012; KESSELHEIM et al, 2011; COLEMAN et al, 2014; NANJI et al, 2013; BAYSARY et al, 2014). Através de um repositório de informações clínicas armazenadas, esses sistemas podem fornecer, com qualidade e eficácia, informações específicas aos usuários, que incluem alertas e recomendações de dosagem, subdose, superdose, interação medicamentosa, entre outros (KESSELHEIM et al, 2011; SCHEDLBAUER et. al, 2009; HORSKY et al, 2013). Os sistemas de prescrição eletrônica podem ser combinados com SADC em diferentes níveis. O nível básico é caracterizado pelo suporte à conferência de interação medicamentosa, e o nível

avanzado apresenta suportes à conferência de contraindicação na relação medicamento-doença, ou seja, interação com o quadro clínico do paciente como, por exemplo, alertas de interação com alergias, podendo ainda gerar uma ordem para um exame clínico, entre outras possibilidades. Os sistemas com suporte à decisão avançada têm provado ser mais eficientes que o básico ou sem suporte à decisão (JUNG et al, 2012; WRIGHT et al, 2012). Estudos comprovaram que, por exemplo, alertas destinados a evitar que pacientes com problemas renais recebessem medicamentos contraindicados reduziram a possibilidade da prescrição de tais medicamentos (BAYSARY et al, 2014).

Apesar de todos os benefícios citados, os SADC têm recebido críticas, pois tendem a ter um elevado número de alertas que interagem com os usuários, produzindo ruídos na comunicação de um evento (JUNG et al, 2012; WRIGHT et al, 2012; COLEMAN et al, 2013). Os alertas computadorizados nos SADC têm o potencial de reduzir erros na prescrição pela antecipação ao risco da medicação causar algum EAM (BAYSARY et al, 2014), porém o excesso de alertas tem produzido informações sobrecarregadas, dispersas, conflitantes e até errôneas, representando um fator que compromete a eficácia, a qualidade e a segurança nos cuidados clínicos (BASEMAN et al., 2013). Esse excesso de alertas, ao qual os usuários são submetidos, tem gerado um efeito denominado "*Alert Fatigue*", como é conhecido internacionalmente, ou em tradução livre, "Fadiga ao Alerta" (JUNG et al, 2012; KESSELHEIM et al. 2011; BASEMAN et.al, 2013; PHANSALKAR et. al, 2012; PHANSALKAR et al, 2013; HORN et al, 2013, PHANSALKAR et. al, 2010, PHANSALKAR et al, 2011).

Alert Fatigue é descrito como "o estado mental resultante de alertas que consomem muito tempo ou energia mental, o qual pode aumentar as chances de que, alertas relevantes à segurança do paciente sejam ignorados ou cancelados por alertas clinicamente irrelevantes" (JUNG et al, 2012; COLEMAN et al, 2013). O termo possui correspondência com outros termos como o "*Pop-up Fatigue*" e o "*Cry-wolf Syndrome*", expressão que tem sua raiz na fábula "*The boy who cried wolf*", cuja moral consiste em "se constantemente forem ditas mentiras, ninguém irá acreditar quando se estiver dizendo a verdade" (RIEDMAN et al, 2011), retratando bem a importância de os alertas serem verdadeiros e precisos. *Alert Fatigue* está também relacionado ao termo "*Click Frustration*", porém este é um termo que abrange o sistema como um todo e consiste na frustração do usuário ao realizar cliques repetitivos em um sistema. Trata-se da principal queixa dos usuários dos sistemas de prescrição que implementa o SADC com alertas de interações medicamentosas (HORN et al. 2013; UNIVERSITY OH& S., 2014).

Estudos realizados revelam que cerca de 33% a 96% de todos os alertas apresentados aos prescritores são inadvertidamente ignorados ou cancelados em decorrência deste efeito, reduzindo a eficácia dos SADC e podendo indiretamente comprometer a segurança do paciente ((JUNG et al, 2012; KESSELHEIM et al, 2011; PHANSALKAR et. al. 2011). A exposição frequente a alertas irrelevantes pode gerar a dessensibilização dos prescritores e a desconfiança no sistema (COLEMAN et al, 2013).

Diante desta divergência encontrada, os SADC, ao mesmo tempo que promovem a redução de erros e EAM através de seus alertas de suporte à decisão, podem comprometer a segurança do paciente se o efeito *Alert Fatigue* for desencadeado pelo seu excesso; faz-se necessária, portanto, a reengenharia dos SADC para que haja a maximização da eficiência desses sistemas. Através de estudos realizados, identificaram-se algumas medidas que podem ser adotadas para reduzir o *Alert Fatigue*, como a adaptação dos alertas ao contexto clínico de cada paciente, a supressão dos alertas para interações medicamentosas de baixa relevância, a adequação da relação de medicamentos para cada especialidade, a adequação na apresentação dos alertas, entre outros, bem como os reflexos da adoção desse procedimento. (JUNG et al, 2012; KESSELHEIM et al, 2011; SCHELDBAUER et al, 2009; COLEMAN et al, 2013; NANJI et al, 2013; BASEMAN et al, 2013; PHANSALKAR et al, 2012; PHANSALKAR et al., 2010; PHANSALKAR et al. 2011; PHANSALKAR et. al. 2012).

Este estudo tem por objetivo principal analisar as publicações científicas que tratam dessa problemática e promover a discussão no âmbito nacional diante da relevância do tema, sintetizando as adaptações necessárias bem como as melhores práticas na construção dos alertas que maximizarão a eficiência dos SADC durante o ato médico da prescrição de medicamento.

Método

O método deste artigo baseia-se na revisão bibliográfica, e o tipo de estudo é o descritivo. A análise crítica das publicações atuais mostrou-se a adequada à produção deste artigo, ficando fora do escopo realizar um estudo de campo em determinado local.

A partir da verificação inicial da importância dos SADC na promoção da segurança do paciente, percebeu-se que havia uma lacuna no Brasil a ser estudada sobre os efeitos produzidos pelo excesso de alertas nesses sistemas, sendo o principal deles o *Alert Fatigue*. Com a identificação deste tema principal,

foram realizadas pesquisas que pudessem satisfazer as questões das suas implicações na segurança do paciente e se este efeito pode ser mitigado a fim de devolver aos SADC a eficiência esperada.

O tipo de revisão é a integrativa, tendo como objetivo identificar, avaliar e interpretar pesquisas disponíveis, relevantes, e que tenham hipóteses inter-relacionadas que atendam ao problema em questão.

Tendo em vista os descritores relacionados, foram realizadas pesquisas nas bases científicas PUBMED, SciELO, MEDLINE e LILACS, por meio do site da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) utilizando-se *string* de busca estruturada conforme a tabela 1. Os artigos recuperados estão compreendidos dentro do período de 5 anos, de 2009 até 2014.

Tabela 1 – Estrutura da *string* de busca

2009	<i>Medical Order Entry Systems</i>	OR	<i>Electronic Prescribing</i>	OR	<i>Decision Support Systems, Clinical</i>	OR	<i>Medication Errors</i>	2014
	D050316		D055695		D020000		D008508	
	AND							
<i>Alert Fatigue</i>								

Resultados e discussões

Esta pesquisa identificou artigos científicos nos Estados Unidos, na Austrália e na Europa, em sua maioria, com datas posteriores a 2011, mostrando que o assunto está em discussão recente em âmbito internacional, porém, no Brasil, não foram localizadas publicações nas bases científicas declaradas que satisfizessem as condições de busca.

Segundo Marin (2013), “o erro humano é criativo e inesperado. Já as máquinas são mais dependentes e passíveis de controle e predição. Existem recursos suficientes que, se dimensionados e usados de forma adequada, com certeza poderão facilitar as atividades gerais burocráticas e especializadas dos profissionais de saúde, assegurando a qualidade da assistência e garantindo ações de segurança ao paciente”, mesmo que ainda a solução definitiva destes problemas seja mais abrangente que o uso exclusivo da tecnologia da informação.

Em revisão bibliográfica, percebe-se que a construção dos alertas deve ser criteriosa para evitar que eles sejam inadvertidamente cancelados ou ignorados, fruto de uma enxurrada de alertas. Em geral, todos os SADC acionam alertas frequentemente ignorados, especialmente na checagem de interação medicamentosa e de alergias a drogas, sendo que o alto número de falsos positivos pode levar também a altas taxas de cancelamento dos alertas (PHANSALKAR et al, 2012).

Com relação à acurácia dos alertas, em estudo aprovado pelo *Partners Human Research Committee*, foram coletados dados durante três anos de um grande hospital universitário e foram obtidos os seguintes dados sobre o cancelamento dos alertas nos SADC (NANJI et al., 2013).

Tabela 2 – Lista de cancelamento de alertas *versus* idoneidade da ação por tipo de alerta.

Fonte: adaptado de Nanji et al., 2013

Tipo do alerta	Cancelamento de alerta		Idoneidade do cancelamento	
	% alertas	% alertas cancelados	% apropriado	% inapropriado
Alergia do paciente	16,8	77,4	92	8
Interação medicamentosa	15,8	60,2	12	88
Duplicidade de medicamentos	33,1	28,6	82	18
Interação entre medicamentos e classes de medicamentos	12,4	24,4	88	12
Interação entre classes de medicamentos	2,7	69,7	69	31
Sugestão baseada na idade *	6,7	79,0	39	60
Sugestão renal **	2,5	78,0	12	85
Substituição terapêutica	10,1	85,0	57	43

* Por dificuldade na coleta de idoneidade, 1% da amostragem foi excluída.

** Por dificuldade na coleta de idoneidade, 3% da amostragem foi excluída.

Observa-se na tabela 2 que os SADC, sem as adaptações necessárias, não possuem um bom índice de eficácia na exibição dos alertas. Para a duplicidade de medicamentos, por exemplo, 28,6% dos alertas acionados foram cancelados e, entre os cancelados, 82% foram cancelados por justa razão, o que sugere que esses alertas não deveriam ter sido acionados. Esse excedente contribui diretamente para que os usuários sejam dessensibilizados sobre a importância da informação exposta. Como consequência, observa-se que, para a interação medicamentosa, dos 60,2% dos alertas cancelados, 88% foram cancelados inapropriadamente, ou seja, os alertas não poderiam ter sido cancelados sem a tomada de decisão do profissional.

Com base nos dados coletados, sugere-se, então, que os SADC sejam adaptados para elevar a eficiência do suporte à decisão. Foram relacionados na tabela 3 os artigos que promoveram o debate da questão e apresentam propostas para a mitigação do *Alert Fatigue*.

Tabela 3 – Relação de artigos com escopo em propostas diretas e indiretas para a mitigação do efeito *Alert Fatigue*

Título do artigo	Nome do periódico	Ano de publicação	Escopo
<i>Physicians' Perceptions on the usefulness of contextual information for prioritizing and presenting alerts in computerized physician order entry systems</i>	<i>BMC Medical Informatics and Decision Making</i>	2012	Proposta de filtragem dos alertas irrelevantes e não urgentes clinicamente e a particularização dos alertas ao contexto clínico do paciente.
<i>Clinical decision support systems could be modified to reduce 'alert fatigue' while still minimizing the risk of litigation.</i>	<i>Health affairs (Project Hope)</i>	2011	Propõe a adaptação dos alertas ao contexto clínico e a supressão de alertas considerados inapropriados, discutindo os riscos de processos judiciais.
<i>Preventability of adverse drug events involving multiple drugs using publicly available clinical decision support tools</i>	<i>American journal of health-system pharmacy : AJHP</i>	2012	Recomenda que as instituições exibam alertas com maior relevância clínica e considerem quais tipos de SADC são os mais adequados para mitigar erros em potencial.
<i>On the alert: future priorities for alerts in clinical decision support for computerized physician order entry identified from a European workshop</i>	<i>BMC medical informatics and decision making</i>	2013	Workshop que identifica e discute lacunas no estudo da construção e melhoria nos alertas nos SADC.
<i>Overrides of medication-related clinical decision support alerts in outpatients</i>	<i>Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA</i>	2013	Pesquisa de três anos que coletou, por categoria de alertas, a quantidade de alertas ignorados, e se eles foram justificadamente ignorados e discute os resultados.

<i>Failure to utilize functions of an electronic prescribing system and the subsequent generation of 'technically preventable' computerized alerts</i>	<i>Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA</i>	2012	Análise crítica em <i>software</i> sobre alertas duplicados e disparados, e discute a prevenção da duplicidade com o uso de funções de sistema.
<i>Design of decision support interventions for medication prescribing</i>	<i>International journal of medical informatics</i>	2013	Abordagens para a redução de alertas com baixo valor clínico. Diferenciação por nível de gravidade e filtragem de alertas.
<i>A review of human factors principles for the design and implementation of medication safety alerts in clinical information systems</i>	<i>Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA</i>	2010	Orientação geral baseada em princípios de fatores humanos para a implementação de alertas em sistemas.
<i>Criteria for assessing high-priority drug-drug interactions for clinical decision support in electronic health records</i>	<i>BMC medical informatics and decision making</i>	2013	Estabelece critérios para identificar interações medicamentosas importantes para o SADC no sistema de prescrição de medicamentos.
<i>Clinical decision support for drug-drug interactions: improvement needed</i>	<i>American journal of health-system pharmacy : AJHP</i>	2013	Apresenta contextualização sólida do <i>Alert Fatigue</i> e sugere que haja uma customização dos alertas, podendo-se realizar uma reclassificação das interações medicamentosas.
<i>Towards meaningful medication-related clinical decision support: recommendations for an initial implementation</i>	<i>Applied clinical informatics</i>	2011	Painel de discussão para o levantamento do cenário e propostas de customização dos sistemas, discutindo suas restrições.
<i>Development of a context model to prioritize drug safety alerts in CPOE systems</i>	<i>BMC medical informatics and decision making</i>	2011	Apresenta o cenário do <i>Alert Fatigue</i> e propõe a adaptação dos SADC ao contexto clínico do paciente, apresentando alertas clinicamente relevantes para cada paciente.

<i>High-priority drug-drug interactions for use in electronic health records</i>	<i>Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA</i>	2012	Descreve como foi criada uma lista dos alertas de interação medicamentosa com relevância clínica a partir de bases de conhecimento comumente utilizadas pelo SADC.
<i>Drug-drug interactions that should be non-interruptive in order to reduce alert fatigue in electronic health records</i>	<i>Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA</i>	2012	Criação de lista com alertas de baixa relevância clínica e propõe a utilização segura como alerta não interruptivo, evitando a resposta do usuário ao alerta no fluxo de trabalho.
Tecnologia da Informação e Comunicação e a Segurança do Paciente	TIC Saúde 2013	2013	Reforça a importância da criação de sistemas com boa usabilidade, para a redução do erro humano e subutilização dos recursos do sistema.
<i>Alerts</i>	<i>OHSU Clinical Informatics Wiki</i>	2014	Define e contextualiza o termo <i>Alert Fatigue</i> .
<i>Alert fatigue</i>	<i>American Journal of Health-System Pharmacy</i>	2009	Apresenta uma lista de recomendações para ajudar na identificação de alertas falsamente positivos e de alertas verdadeiramente positivos.
<i>Development and preliminary evidence for the validity of an instrument assessing implementation of human-factors principles in medication-related decision-support systems--I-MeDeSA.</i>	<i>Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA</i>	2011	Apresenta e descreve princípios-chave na construção de alertas SADC do ponto de vista dos fatores humanos.

Após revisão integrativa, sintetiza-se na tabela 4 uma lista de medidas proposta para incremento na eficácia dos alertas dos SADC durante a prescrição de medicamentos aos pacientes, alcançando o objetivo direto de mitigação do efeito *Alert Fatigue*, e o indireto, que é a maximização da eficiência dos SADC.

Tabela 4 – Consolidação das principais propostas para atuação direta e indireta na redução do efeito *Alert Fatigue*

Proposta	Detalhamento da proposta
Filtro/supressão de alertas não relevantes e clinicamente não urgentes (JUNG et al, 2012; COLEMAN et al, 2013; HORSKY et al, 2013; RIEDMAN et al, 2011; PHANSALKAR et al, 2012).	A partir de uma análise crítica dos alertas, identificar os que não têm relevância clínica não urgentes ou fora de contexto e suprimir o acionamento desses alertas, limitando-se a interagir com o usuário nos casos mais importantes.
Particularização/customização de alertas ao contexto/quadro clínico do paciente (JUNG et al, 2012; KESSELHEIM et al, 2011; COLEMAN et al, 2013; RIEDMAN et al, 2011).	Consiste em cruzar os dados da base de conhecimento dos SADC com os dados clínicos dos pacientes, a fim de acionar alertas apenas quando sejam relevantes ao quadro clínico de cada paciente, reduzindo-se assim os falsos positivos.
Desligamento de alertas frequentemente cancelados (COLEMAN et al., 2013).	A alta taxa de cancelamento dos alertas pode indicar a irrelevância da informação ali expressa. Após análise desses alertas, se for concluído que são irrelevantes à saúde do paciente, eles devem ser suprimidos.
Exibição e destaque para alertas com relevância clínica e de urgência (WRIGHT et al, 2012; PHANSALKAR et al, 2011; HORN et al, 2013).	Alertas com alta relevância à saúde do paciente, como interações medicamentosas graves e interações do medicamento com o quadro clínico do paciente que sejam críticas, precisam de destaque e não podem ser suprimidos.
Categorização/classificação dos alertas (WRIGHT et al, 2012; HORN et al, 2013; PHANSALKAR et al, 2011; ZACHARIAH et al, 2011).	É importante que haja a classificação e categorização da base de conhecimento dos SADC para serem apresentados alertas em consonância com o que de fato o alerta representa. Alertas de alta relevância devem impedir o prosseguimento do usuário até que se satisfaçam as condições previstas. Alertas de relevância média devem interromper o fluxo, porém, mediante a confirmação do usuário, a prescrição deve ter continuidade. Já para alertas de baixa relevância não se recomenda que seja interrompido o processo.

Sensibilidade e especificidade dos SADC (COLEMAN et al, 2013; ZACHARIAH et al, 2011).	Sistemas perfeitos deveriam ser 100% sensíveis e 100% específicos. Sensibilidade abaixo de 100% pode fazer com que algum alerta importante seja suprimido, porém a baixa especificidade apresentada nos SADC com a alta sensibilidade produz um grande volume de alertas imprecisos ou genéricos. Deve-se maximizar a especificidade a fim de se obter um equilíbrio adequado.
Ajuste de tempo, projeto, funções e regras de acionamento dos alertas (COLEMAN et al, 2013; BAYSARI et al, 2014; PHANSALKAR et al, 2012).	A construção de acionamento dos alertas deve estar adequada às melhores práticas. Recomenda-se que os alertas sejam acionados o mais breve possível a partir de identificada situação mapeada. As regras de acionamento e as funções do sistema devem estar bem ajustadas.
Auditoria/monitoramento/medição da qualidade dos alertas (COLEMAN et al, 2013; BAYSARI et al, 2014; HORN et al, 2013; CASH, 2009; NANJI et al, 2014) .	É fundamental que haja uma verificação constante para se saber se os alertas informados não estão incorrendo no problema “ <i>cry wolf</i> ”, ou seja, estão alertando situações falsas ou imprecisas e que, no surgimento de uma informação verdadeira e relevante ao paciente, ela seja desconsiderada pela insensibilidade do usuário aos alertas. Monitoramentos utilizando metodologias adequadas devem ser realizados para determinar se o uso do SADC está produzindo resultados positivos aos pacientes.
Aspectos legais e reguladores (COLEMAN et al, 2013).	Parte fundamental nos sistemas de informação em saúde são os aspectos legais. Os alertas devem respeitar a legislação vigente e cumprir os requisitos de órgãos reguladores. Isso reduz a chance de processos judiciais e melhora a qualidade do sistema. É importante disseminar os requisitos legais para os usuários estarem cientes das implicações de seus atos. O estudo em questão expõe que os sistemas, se adaptados criteriosamente, não devem aumentar o risco de responsabilização nos processos na justiça.
Fatores humanos e usabilidade (COLEMAN et al, 2013; HORN et al., 2013; PHANSALKAR et al, 2010; MARIN, 2013; ZACHARIAH et al, 2011).	Usabilidade diz respeito ao modo como o produto foi desenhado para os usuários no atendimento de suas necessidades e seus objetivos, nesse caso, à maneira mais adequada como o alerta interage com os usuários para cumprir seu objetivo para o qual foi idealizado. Devem ser levados em consideração diversos aspectos para que as limitações humanas não interfiram no objetivo do sistema. Cores, formato da mensagem, fluxo do processo, priorizações, sugestões e proximidade da medida a ser executada, entre outros, são fundamentais para a interação correta com o usuário e a mitigação do esforço mental, que levam à fadiga.

Direcionamento dos alertas para outro profissional (COLEMAN et al, 2013).	Alertas de SADC, muitas vezes, têm como alvo os farmacêuticos, enfermeiros, entre outros, e são apresentados aos prescritores erroneamente. Alertas que não são pertinentes ao ato médico da prescrição devem ser direcionados ao profissional específico.
Flexibilização dos sistemas (PHANSALKAR et al, 2011).	Os fabricantes de SADC devem permitir a flexibilização dos seus sistemas para que eles estejam de acordo com o contexto do estabelecimento de saúde. É fundamental que os SADC estejam de acordo com o nível de maturidade da instituição.

Os artigos destacam a dificuldade na adaptação dos sistemas, bem como a complexidade de serem mantidas as bases de conhecimento atualizadas e devidamente classificadas. Todas as abordagens relacionadas devem ser implementadas visando à melhor utilização dos sistemas, reduzindo a quantidade de alertas, porém sem que haja prejuízo à segurança do paciente.

Nas propostas, destacam-se como solução ao *Alert Fatigue* a customização dos alertas ao contexto clínico de cada paciente e o acionamento dos alertas conforme suas categorias, bem como a construção com foco nas melhores práticas de usabilidade, reduzindo-se assim as interferências que os fatores humanos provocam.

Considerações finais

Embora haja acréscimo à segurança dos pacientes, os SADC carecem de adaptações e barreiras precisam ser vencidas. A imprecisão dos alertas, os excessos de acionamento e a forma como ocorrem as interações com os usuários têm produzido o efeito conhecido como *Alert Fatigue*. Para que haja a maximização da eficiência dos SADC, ainda que seja um desafio a ser vencido, dada a complexidade envolvida, adaptações nos alertas dos atuais SADC são seguras, possíveis e necessárias para mitigação do *Alert Fatigue*. Destaca-se, também, que estudos sejam aprofundados nessa linha de pesquisa, principalmente no cenário nacional onde a utilização de SADC vem ganhando força, porém o assunto não se encontra em discussão

Referências

- BASEMAN, J.G. et al. Public health communications and alert fatigue. In: *BMC Health Serv Res* 13: 295, Jan, 2013. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3751004&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. Acesso em 24 set. 2014.
- BAYSARI, M.T. Failure to utilize functions of an electronic prescribing system and the subsequent generation of “technically preventable” computerized alerts. In: *J Am Med Inform Assoc*, 19(6):1003–10. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3534451&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. Acesso em 7 out. 2014.
- CASH, J. *Alert fatigue*. In: *Am J Heal Pharm*, 66, 2009. Disponível em: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=22168402>. Acesso em 22 out. 2014.
- COLEMAN et. al. On the alert: future priorities for alerts in clinical decision support for computerized physician order entry identified from a European workshop. In: *BMC Medical Informatics and Decision Making*, Jan. 2013. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3850158&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. Acesso em 7 out. 2014.
- HORSKY, J. et al. Design of decision support interventions for medication prescribing. In: *Int J Med Inform Elsevier Ireland Ltd*; 82(6): Jun. 2013, p; 492–503. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23490305>. Acesso em 26 set. 2014.
- HORN, J.R et. al. Clinical decision support for drug-drug interactions: improvement needed. In: *Am J Health Syst Pharm*; 70(10):905–9, 15 maio. 2013. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23640353>. Acesso em 11 set. 2014.
- JUNG, M. et al. Physicians’ perceptions on the usefulness of contextual information for prioritizing and presenting alerts in computerized physician order entry systems. In: *BMC Medical informatics and decision making*, 12 (1): 111, jan. 2012. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3522054&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. Acesso em 26 set. 2014.
- KESSELHEIM, A.S. et al. Clinical decision support systems could be modified to reduce “alert fatigue” while still minimizing the risk of litigation. In: *Health Aff (Millwood)*. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22147858>. Acesso em 1 out. 2014.
- MARIN, H. F. *Tecnologia da Informação e comunicação e a segurança do paciente*. TIC Saúde 2013, p. 69-75. Disponível em: <http://www.cetic.br/media/docs/publicacoes/2/tic-saude-2013.pdf>. Acesso em 20 set. 2014.
- NANJI et al. Overrides of medication-related clinical decision support alerts in outpatients. In: *J Am Med Inform Assoc*, 21(3), 2013, p.:487–91. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24166725>. Acesso em 7 out. 2014.
- PHANSALKAR, S. et al. A review of human factors principles for the design and implementation of medication safety alerts in clinical information systems. In: *J Am Med Inform Assoc*; 17(5), 2010, p. 493–501. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2995688&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. Acesso em 2 out. 2014.
- PHANSALKAR, S. et al. Towards meaningful medication-related clinical decision support: recommendations for an initial implementation. In: *Appl Clin Inform*. 2(1):50–62, jan. 2011.. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3631914&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. Acesso em 7 out. 2014.
- PHANSALKAR, S. et. al. Drug-drug interactions that should be non-interruptive in order to reduce alert fatigue in electronic health records. In: *J Am Med Inform Assoc*. 20(3): 1 maio. 2012, p. 489–93. Disponível em:



<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3628052&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.

Acesso em: 30 set. 2014.

PHANSALKAR, S. et al. High-priority drug-drug interactions for use in electronic health records. In: *J Am Med Inform Assoc*, 19(5), 2012, p. 735-43. Disponível em:

<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3422823&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.

Acesso em: 23 ago. 2014.

PHANSALKAR, S. Et. Al. Criteria for assessing high-priority drug-drug interactions for clinical decision support in electronic health records. In: *BMC Medical Informatics and Decision Making*; 13(1):65, 2013. Disponível em:

<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3706355&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.

Acesso em 1 out. 2014.

ROSA, M.B. et al. Erros na prescrição hospitalar de medicamentos potencialmente perigosos. 2009;43(3):490-8.

Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v43n3/7265.pdf>. Acesso em 7 out. 2014.

RIEDMAN, D et. al. Development of a context model to prioritize drug safety alerts in CPOE systems. In: *BMC Med Inform Decis Mak*.11(1):35, jan. 2011.. Disponível em:

<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3127742&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.

Acesso em 20 out. 2014.

SCHEDLBAUER, A. et al. What evidence supports the use of computerized alerts and prompts to improve clinicians' prescribing behavior?. In: *J Am Med Inform Assoc*, 2009. Disponível em: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2705257&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>

UNIVERSITY OH&S. *Alerts* 2014. Disponível em: <http://www.informatics-review.com/wiki/index.php/Alerts>. Acesso em 20 out. 2014.

WRIGHT et al. Preventability of adverse drug events involving multiple drugs using publicly available clinical decision support tools. In: *Am J Health Syst Pharm*, 1 fev. 2012. Disponível em:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22261944>. Acesso em 7 out. 2014.

ZACHARIAH, M. et. al. Development and preliminary evidence for the validity of an instrument assessing implementation of human-factors principles in medication-related decision-support systems. In: *J Am Med Inform Assoc*. Suppl 1:i62-72, 18 dez. 2011.. Disponível em:

<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3241174&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>.

Acesso em 7 out. 2014.



Sistema de automação residencial controlado por dispositivos móveis e dispositivos vestíveis

Residential automation system controlled by mobile devices and wearable devices.

Alexandre Cardoso (alexandre@ufu.br)

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (USP) e professor da Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Edgard Afonso Lamounier Júnior (lamounier@ufu.br)

Doutor em Computer Studies pela Leeds University e professor titular da Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Flavia Gonçalves Fernandes (flavia.fernandes92@gmail.com)

Mestre em Engenharia Biomédica pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

João Ludovico Maximiano Barbosa

(joaolmbarbosa@gmail.com)

Mestre em Engenharia Biomédica pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

FTT Journal of Engineering and Business. •
SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP
JUNHO 2016 •

Submissão: 10 fev.2016. **Aceitação:** 2 maio.
2016

Sistema de avaliação: às cegas dupla (*double blind review*).

FACULDADE DE TECNOLOGIA

TERMOMECANICA, p. 74-90



Resumo

A automação residencial proporciona diversos benefícios para a população, os quais geram demanda para que os construtores incluam essa necessidade em suas novas construções e, ao mesmo tempo, ofereçam serviços de readequação para as residências já existentes. Alguns dos benefícios podem imediatamente ser apropriados pelo proprietário/morador, como acessibilidade, segurança, facilidade de comunicação, economia de energia, de tempo e de esforço. Por conseguinte, neste trabalho, foi desenvolvido um sistema de automação residencial utilizando o *wearable Myo* em um ambiente de realidade virtual, proporcionando maior interatividade e motivação durante o seu uso, o que se mostrou bastante eficaz no auxílio às atividades domésticas, principalmente para usuários que possuem deficiência física ou dificuldade de locomoção.

Palavras-chave: Automação residencial. Dispositivos móveis. Dispositivos vestíveis.

Abstract

Home automation provides several benefits for the population, which generates demands to builders in order to include home automation in their new developments and, at the same time, readjustment services for the existing built homes. Some of the benefits can be immediately applied by the owner/dweller, such as accessibility, safety, ease of communication, energy time and effort saving. Therefore, in this paper, we developed a home automation system using wearable Myo in a virtual reality environment, providing greater interactivity and motivation during the use of it, which proved to be quite effective in helping the domestic activities, especially for users who have physical disabilities or limited mobility.

Keywords: Home automation. Mobile devices. Wearable devices

Introdução

A Tecnologia Assistiva, no Brasil, de acordo com o Comitê de Ajudas Técnicas da Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República, está relacionada a produtos, recursos, metodologias, tecnologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a acessibilidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (BRASIL, 2016).

Os recursos de Tecnologia Assistiva, quando combinados com os recursos tecnológicos, podem atender a uma grande diversidade de usuários com deficiências. Graças ao avanço tecnológico, os usuários estão interessados principalmente em serviços avançados que tornam o ambiente altamente inteligente e facilitam significativamente suas atividades.

A deficiência física torna-se um grande obstáculo na vida das pessoas com necessidades especiais, que são impedidas de realizar até mesmo suas atividades do dia a dia sem precisar da ajuda de outros indivíduos. Essas pessoas, por exemplo, os usuários com deficiências físicas, apresentam problemas de mobilidade, tais como dificuldades de acesso ao seu destino final. Tais indivíduos, incluindo-se nesse grupo as pessoas idosas, necessitam de dispositivos ou tecnologias que facilitem ou orientem sua locomoção (COSTA e RIBEIRO, 2009, p. 64).

A Tecnologia da Informação aplicada à área da saúde tem se intensificado nos últimos anos. As inovações na informática proporcionam novas possibilidades através de ambientes capazes de prover rapidamente dados selecionados e modelados, de forma a apoiar o processo de decisões médicas. Também sugere diagnósticos, auxilia no tratamento de doenças, bem como no aperfeiçoamento do ensino médico (MELO, 2007, p. 13).

O aumento da expectativa de vida do brasileiro, o crescente número de idosos, o desejo e a necessidade de independência dessas pessoas e os problemas que enfrentam no dia a dia devido à idade avançada ou a alguma deficiência física são fatores que contribuem para uma evolução significativa da automação residencial e de inovações tecnológicas, como a Realidade Virtual, possibilitando maior conforto e praticidade às pessoas que possuem alguma limitação física (BARROS JÚNIOR, 2009, p. 19).

A automação residencial trata da aplicação de sistemas de controle automáticos para as funções encontradas no ambiente, integrando seus acionamentos e visando praticidade, simplicidade e

objetividade dos comandos. Também se consideram a estética da aplicação, o conforto do usuário e a valorização do ambiente (MURATORI e BÓ, 2011, p. 6).

No contexto da automação residencial, as pessoas têm ao seu alcance uma diversidade de possibilidades práticas e econômicas, da básica à mais abrangente, com sistemas adaptáveis para diversos espaços. O resultado pode ser um ambiente prático, confortável, agradável, mais bonito, valorizado e seguro, de acordo com o interesse do usuário (MAIA, 2003, p. 68).

Realidade Virtual (RV) é um sistema computacional usado para criar um ambiente artificial, no qual o usuário tem a impressão de não somente estar dentro desse ambiente, mas também habilitado, com a capacidade de nele navegar, interagindo com seus objetos de maneira intuitiva e natural (KIRNER e SISCOOTTO, 2007, p. 86).

Desse modo, a Realidade Virtual está sendo cada vez mais aplicada e utilizada no setor da saúde, principalmente nas áreas de treinamento de procedimentos (simulação médica e cirurgias), apresentação de conteúdo (ensino da Medicina), Fisioterapia (reabilitação motora), diagnóstico de problemas na coluna vertebral e tratamento de fobias (TORI et al., 2006, p. 365).

Nessa linha de raciocínio, este trabalho tem como objetivo principal apresentar uma ferramenta de Realidade Virtual para automação residencial com a finalidade de comandar cargas elétricas (ligar/desligar) através de gestos, por meio do dispositivo *Myo*, para auxiliar as pessoas a executar atividades do cotidiano.

Neste sistema, efetua-se o controle de botões a partir de gestos realizados pelo usuário que esteja utilizando o *wearable Myo* em um ambiente de Realidade Virtual e acoplado a um sistema de automação residencial, proporcionando maior interatividade e conforto durante o seu uso.

Este trabalho visa também auxiliar na acessibilidade e na autonomia de pessoas com deficiência física ou dificuldades de locomoção, visto que o controle desse sistema é realizado por gestos transmitidos ao dispositivo vestível (*wearable Myo*), que funciona como um bracelete. Desse modo, o usuário executa atividades, como ligar e desligar as lâmpadas da casa, por exemplo, sem a necessidade de se deslocar no interior de sua residência. Para pessoas que utilizam cadeiras de rodas de maneira permanente ou temporária (estado de reabilitação), esta aplicação é muito útil, pois promove maior independência desses pacientes, além de tornar sua rotina menos trabalhosa e desgastante.

Pode-se dizer que a tecnologia evolui para melhorar a vida das pessoas, em geral, tornando-a mais fácil e agradável. Para os portadores de deficiência, ela chegou para tornar as coisas possíveis, transformando a incapacidade em ação.

A seguir, apresentamos algumas definições sobre dispositivos vestíveis e uma descrição sobre o *wearable Myo*.

Fundamentos sobre dispositivos vestíveis

Dispositivos portáteis ou vestíveis, também conhecidos como *wearables*, são pequenos dispositivos eletrônicos que podem ser facilmente acoplados ao corpo do usuário. Eles possibilitam a presença da Realidade Virtual em diversas aplicações, visto que é uma tecnologia de interface avançada entre um usuário e um sistema computacional (MYO, 2015).

Comumente, neste tipo de tecnologia, existe uma constante interação entre o computador e o usuário, exigência que resultou na criação de alguns *gadgets* que se ligam e se desligam automaticamente. Outra característica é a capacidade de multitarefa, pois não é necessário que o portador pare o que está fazendo para usar o dispositivo. Assim, eles podem ser incorporados pela pessoa para atuar como uma prótese. Pode, portanto, ser uma extensão da mente e/ou do corpo do usuário (MYO, 2015).

Muitos elementos tecnológicos estão presentes nos *wearables*, tais como computação móvel, inteligência artificial e computação ubíqua, incluindo-se também gerenciamento de energia, dissipação de calor, arquiteturas de software e redes (MICROSOFT, 2015).

O *Myo* é um *wearable* com formato de bracelete, também chamado de braçadeira. Este dispositivo pode controlar aplicações por meio de gestos e interagir com computadores e outros meios digitais similares, reconhecendo impulsos elétricos nos músculos do usuário. Além disso, não exige câmeras para rastrear os movimentos da mão ou do braço e possui baixo custo (MYO, 2015).

O *Myo* é utilizado no antebraço do usuário, conforme pode ser observado na figura 1. É necessário realizar uma calibração da braçadeira para cada usuário específico, pois cada um possui atividades e contrações musculares específicas. Após ter sido efetuada a sua calibração, o *wearable* possibilita controlar softwares e outras aplicações por meio de gestos e movimentos. Seu propósito é controlar computadores, telefones e outros dispositivos, enviando os dados capturados por ele via Bluetooth (MICROSOFT, 2015).



Figura 1 - Dispositivo vestível Myo.

No próximo tópico, é apresentada a arquitetura para a montagem do sistema de automação residencial com Arduino, uma plataforma de prototipagem eletrônica *open-source*, projetada com um microcontrolador Atmel AVR de placa única, com suporte de entrada/saída embutido, uma linguagem de programação padrão, a qual tem origem em *Wiring* e é essencialmente C/C++ (MCROBERTS, 2011).

Visão geral da aplicação

Neste trabalho, as metodologias de pesquisa empregadas foram coletas para a análise de informações, realização de experimentos e seus delineamentos. Dessa forma, foi realizada pesquisa bibliográfica sobre automação residencial, realidade virtual e aplicações utilizando *wearables*, bem como o desenvolvimento de sistemas para dispositivos móveis.

Em relação aos aspectos metodológicos e tecnológicos para a construção do módulo de automação residencial, utilizou-se o Arduino, o qual é responsável pelo controle do sistema de automação, recebendo os comandos e os encaminhando para as cargas elétricas a serem controladas. Para efeito demonstrativo, foram utilizados LEDs (Light Emitting Diodes), ou seja, Diodos de Emissão de Luz) para representar o acionamento e o desligamento das cargas elétricas.

Nesse sistema, efetua-se o controle de botões por meio de gestos realizados pelo usuário que esteja utilizando o *wearable Myo* em um ambiente de RV e acoplado a um sistema de automação residencial.

Primeiramente, para o desenvolvimento da aplicação, foi construída uma maquete para representar a sua parte física e efetuar os testes, conforme apresentado na figura 2.

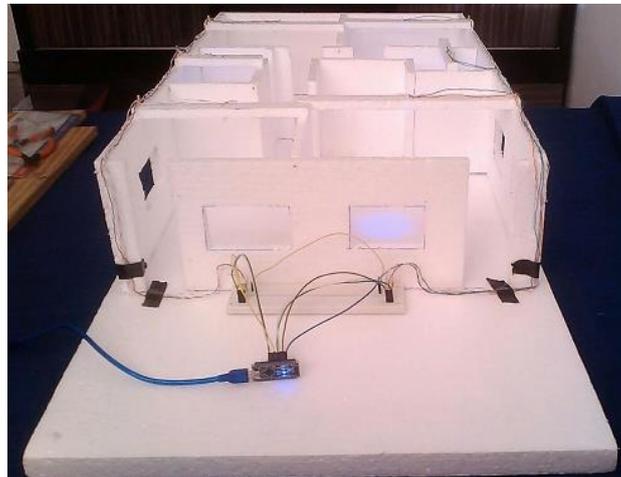


Figura 2 - Maquete da aplicação.
Fonte: produção do próprio autor.

Na figura 3, é exibida a arquitetura dos módulos do sistema desenvolvido.



Figura 3 - Visão simples da arquitetura da aplicação
Fonte: produção do próprio autor.

Na arquitetura de *hardware*, conectou-se o Arduino a um servidor que hospeda a interface gráfica do usuário (GUI - *Graphical User Interface*) e a conexão com a web (*WebService*) através de um cabo USB (*Universal Serial Bus*) por meio do qual as informações são trocadas mediante comunicação serial. Os módulos de acionamento, que são responsáveis por ligar/desligar as cargas elétricas, também foram conectados diretamente ao Arduino através de suas portas de entrada/saída, que trabalham em uma tensão de 5Vdc.

Esta arquitetura apresenta algumas desvantagens, como a necessidade de se ter na residência o servidor de hospedagem da aplicação e também exigir grandes mudanças estruturais na residência, já que é preciso centralizar os módulos de acionamento e refazer a fiação das cargas elétricas a serem comandadas. Outra desvantagem é que o número de cargas elétricas que se pode comandar dependerá da quantidade de portas de entrada/saída disponíveis no Arduino.

Na figura 4, pode-se visualizar o esquema de ligação da arquitetura Arduino com comunicação serial, mencionada anteriormente.



Figura 4 - Arquitetura Arduino com comunicação serial.
Fonte: produção do próprio autor

Mas, comumente, em sistemas de automação residencial, preferem-se aqueles que não necessitem de grandes mudanças estruturais na residência para a sua instalação. Dessa forma, os sistemas que operam sem fio (*wireless*) ganham destaque, pois não necessitam mudanças estruturais na residência para adaptar o sistema elétrico à sua instalação (LITJENS, 2009, p. 7).

Desse modo, na figura 5, é apresentado exemplo de arquitetura genérica que trabalha sem fio.



Figura 5 - Arquitetura Arduino com dispositivo *wireless*.
Fonte: produção do próprio autor.

Visto que esta arquitetura trabalha sem fio, torna-se necessário utilizar dispositivos *wireless* que se comuniquem entre si e com o Arduino para a troca de informações e comandos entre os módulos de acionamento e uma central de comandos; exemplos desse tipo de dispositivo são: NRF24Lo1, módulo *Xbee*, *WifiShield*.

Neste tipo de arquitetura, o servidor que hospeda a aplicação web (*WebService*) não precisa estar conectado diretamente ao Arduino, devido à criação de uma central de comandos que se conecta à Internet, a qual é composta por um Arduino, um *EthernetShield* para conexão com a Internet e um dispositivo *wireless*, que encaminha os comandos para os módulos de acionamento. Nos módulos de acionamento, conecta-se o dispositivo *wireless* ao Arduino para receber os comandos da central. Nestes módulos, o Arduino é utilizado para interpretar os comandos recebidos e ligar ou desligar as cargas elétricas.

Segundo esta arquitetura, o número de cargas elétricas que podem ser controladas não depende mais do número de portas de entrada e saída do Arduino, mas sim, do protocolo de comunicação desenvolvido para a troca de dados entre a central de comandos e os módulos acionadores.

Como os componentes do módulo de acionamento junto com o Arduino e o dispositivo *wireless* são relativamente pequenos, pode-se montar um pequeno circuito, o qual poderia ser colocado dentro da caixinha onde fica o interruptor da carga elétrica, reduzindo-se ainda mais as mudanças estruturais na residência para a sua instalação. Devido a questões de prazo e complexidade de desenvolvimento, optou-se por construir a arquitetura do sistema de automação residencial por meio de comunicação serial.

O sistema desenvolvido neste trabalho funciona da seguinte maneira: o usuário pode manipular o sistema de automação residencial por meio de gestos, utilizando o dispositivo vestível *Myo*, que estará trocando informações via *Bluetooth* com um aplicativo contendo a interface gráfica do utilizador (GUI), existente em um hardware que contenha comunicação *Bluetooth* e a conexão com a *Internet*, sendo que o usuário poderá selecionar o cômodo da casa onde deseja executar a ação para, então, acionar o comando ligar/desligar através de alguns gestos mapeados, que serão descritos mais adiante. Estes comandos, por sua vez, são enviados para um *WebService* (daí a necessidade de hardware com conexão à *Internet*), estruturado em linguagem de programação *C#* utilizando o software *Microsoft Visual Studio*. Posteriormente, o servidor que hospeda este *WebService* encaminha o comando para o sistema de automação residencial através de comunicação serial.

Pode-se, ainda, comandar as cargas elétricas por meio de um aplicativo para *smartphones*, que também envia os comandos para o *WebService* através da *Internet*.

Na figura 6, é exibida a arquitetura completa do sistema desenvolvido.

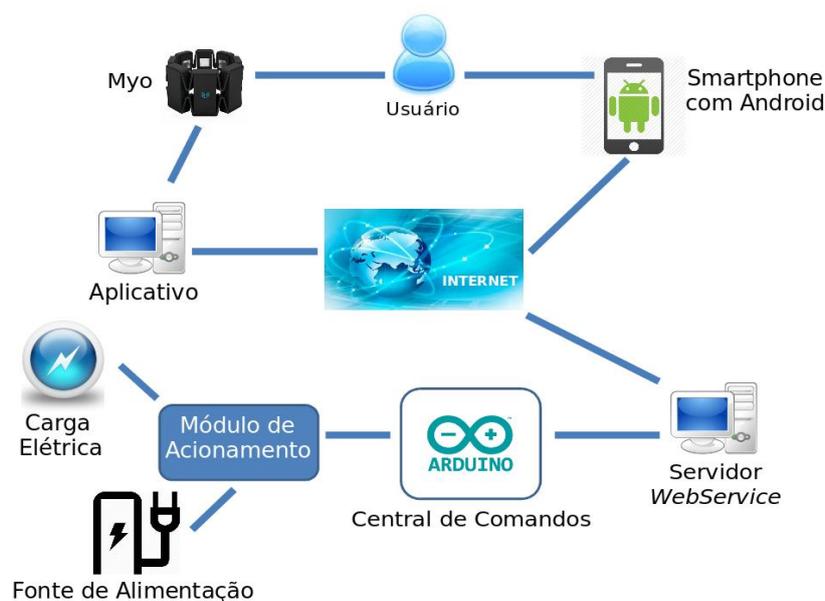


Figura 6 - Arquitetura da aplicação.
Fonte: produção do próprio autor.

A criação dos módulos de acionamento é necessária para comandar as cargas elétricas que, comumente, nas residências, precisam de uma fonte de alimentação de 127Vac ou 220Vac, fornecidas pela concessionária de energia elétrica. Como o Arduino, controlador do sistema desenvolvido, trabalha como uma tensão de entrada/saída de 5Vdc, ele não seria capaz de alimentar essas cargas elétricas sozinho. Dessa maneira, para comandá-las, utiliza-se um relé, que é ativado por uma tensão de 5Vdc, sendo sua ativação condicionada ao Arduino por meio de sua porta de entrada/saída. A função básica do relé é conectar a carga elétrica à fonte de alimentação da concessionária de energia, podendo, assim, comandar as cargas elétricas por meio do Arduino.

Os módulos de acionamento são ligados diretamente ao Arduino, e não podem estar distantes, pois, devido às perdas de potência relacionadas à distância, pode acontecer do sinal enviado do Arduino para o módulo acionador não conseguir ativar o relé. Por esta razão, aconselha-se deixar os módulos de acionamento próximos ao Arduino; assim, os relés estarão perto, e a fiação que terá a maior distância (comprimento) para se comandar as cargas elétricas estará nas tensões de 127 Vac ou 220 Vac, as quais possuem um maior alcance do que os 5Vdc do Arduino.

A seguir, na figura 7, é mostrada a interface da aplicação desenvolvida no *Visual Studio*, após o usuário ligar a lâmpada da sala 1 do protótipo. O símbolo de estalar os dedos no canto inferior direito da tela é o responsável por ligar ou desligar as cargas elétricas do sistema utilizando o *Myo*.

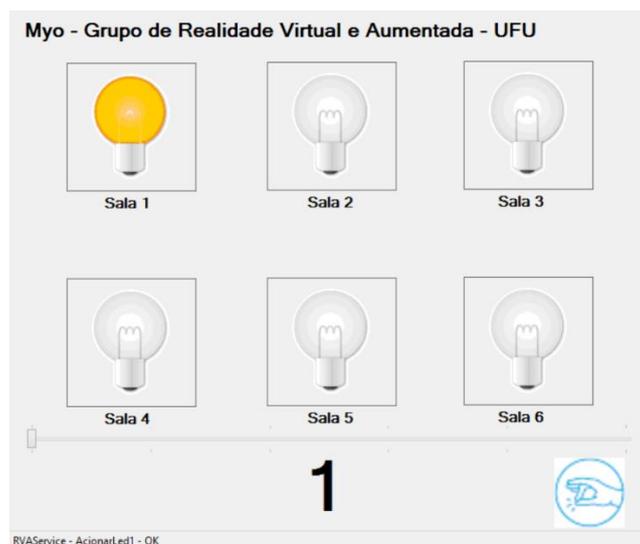


Figura 7. Lâmpada da sala 1 ligada
Fonte: produção do próprio autor.

A figura 8 apresenta a maquete da aplicação com a lâmpada da sala 1 ligada com o gesto do comando ligar/desligar controlado pelo *Myo*. Para efeitos demonstrativos, utilizaram-se LEDs no circuito eletrônico, ao invés do módulo acionador com a lâmpada.

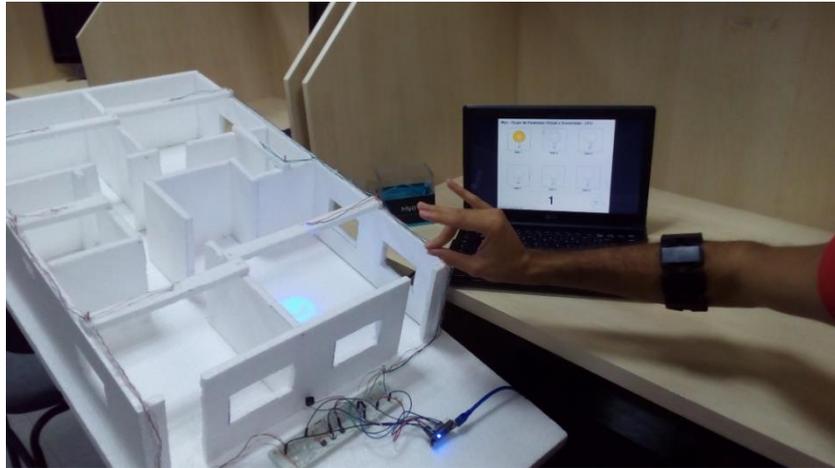


Figura 8. Lâmpada da sala 1 ligada na maquete.
Fonte: produção do próprio autor.

A figura 9 representa a interface da aplicação, na qual todas as seis lâmpadas da residência estão ligadas.



Figura 9 - Todas as lâmpadas da residência ligadas
Fonte: produção do próprio autor.

Os símbolos apresentados na figura 10 são os gestos mapeados para a utilização do aplicativo. Assim, o usuário executa uma ação do sistema de controle residencial ao realizar o gesto com o *wearable*

Myo. Essas ações podem ser: “Ligar/desligar a lâmpada”, “Ir para a esquerda (seleção da sala)”, “Ir para a direita (seleção da sala)”.



Figura 10 - Gestos executados pelo usuário com o Myo.
Fonte: (MYO, 2015).

A figura 11 apresenta o gesto “*Double Tap*”, que significa “Ligar/desligar a lâmpada” na aplicação, quando o usuário pode ligar ou desligar a lâmpada selecionada, repetindo o movimento duas vezes rapidamente para efetuar a ação, conforme os comandos mapeados para o *wearable Myo*.



Figura 11 - Gesto “*Double Tap*” realizado com o Myo.
Fonte: produção do próprio autor.

A figura 12 apresenta o gesto “*Wave Right*”, que significa “Ir para a direita” na aplicação e pelo qual o usuário seleciona uma sala (ou cômodo da casa), na qual deseja ligar ou desligar a lâmpada. Ao executar este movimento, é indicado o número de identificação da sala a ser comandada, por exemplo, da sala 5 para a sala 6, conforme ilustrado a seguir.



Figura 12 - Gesto "Wave Right" realizado com o Myo.
Fonte: produção do próprio autor.

A figura 13 apresenta o gesto "Wave Left", que significa "Ir para a esquerda" na aplicação, através do qual o usuário seleciona uma sala (ou cômodo da casa), na qual deseja ligar ou desligar a lâmpada. Ao executar este movimento, é apontado o número de identificação da sala a ser comandada, por exemplo, da sala 2 para a sala 1, conforme ilustrado a seguir.

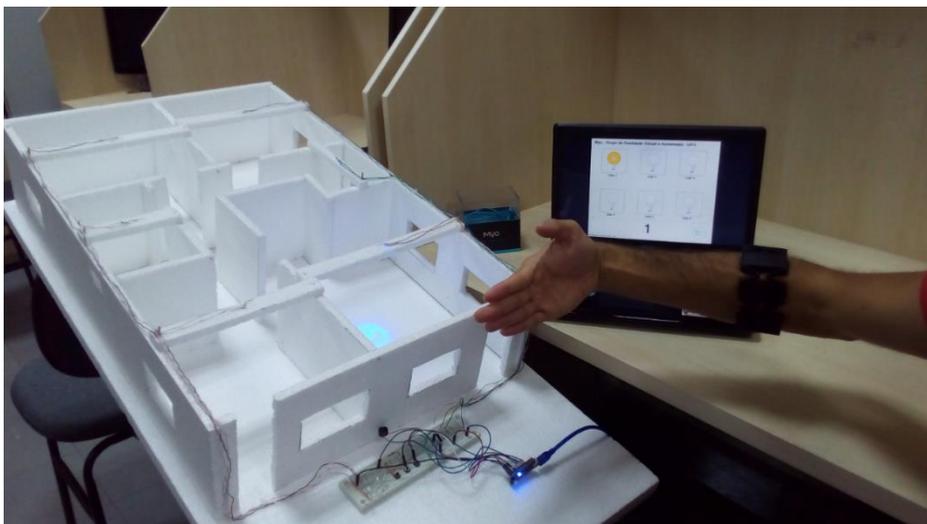


Figura 13 - Gesto "Wave Left" realizado com o Myo.
Fonte: produção do próprio autor.

O dispositivo vestível *Myo* destaca-se, dentre tantas tecnologias de controle por gestos, muitas das quais dependem de câmeras ou exigem *hardware* volumoso para reconhecer os gestos do usuário e

traduzi-los em ações em uma tela. Além de ocupar espaço, esses sistemas podem precisar ser calibrados ou exigir uma certa quantidade de luz para operar, fatores estes que podem limitar o modo de sua utilização. Além disso, é fato notório que muitos consumidores querem se desfazer de *mouse*, teclados e telas sensíveis ao toque para o controle por gestos.

Na aplicação desenvolvida, a central de comandos do *WebService* ainda se comunica com um sistema de RV disponibilizado em dispositivo móvel (*smartphone*) com plataforma Android, o qual realiza as mesmas ações, permitindo selecionar o cômodo da residência e acionar os comandos ligar/desligar das cargas elétricas que estão sendo controladas, conforme pode ser observado na figura 14.



Figura 14 - Tela da aplicação na plataforma Android.
Fonte: produção do próprio autor.

Dessa forma, percebe-se que a automação residencial proporciona diversos benefícios para a população, os quais geram demandas comerciais e profissionais, incentivando os construtores a incluir a automação residencial em em seus novos desenvolvimentos e, ao mesmo tempo, oferecer serviços de readequação para residências já existentes.

Considerações finais

Este trabalho apresentou a utilização da tecnologia de Realidade Virtual combinada à automação residencial para aumentar a praticidade de controle de ambientes, permitindo, portanto, ampliar as possibilidades de acessibilidade e comodidade das pessoas, principalmente daquelas com deficiência física e dificuldades de locomoção.

Além disso, o sistema desenvolvido pode proporcionar aos seus usuários maior conforto, otimização do tempo devido à diminuição das tarefas rotineiras e, principalmente, segurança, praticidade e economia.

Como proposta de melhorias futuras, propõe-se adicionar novas funcionalidades na aplicação, tais como, automatizar outras áreas da residência, melhorar o ambiente virtual e desenvolver o sistema de automação utilizando-se os recursos *wireless*.

Referências

- BARROS JÚNIOR, J.C. *Empreendedorismo, trabalho e qualidade de vida na terceira idade*. São Paulo: Edicon, 2009.
- BRASIL. Subsecretaria Nacional de Promoção dos direitos da pessoa com deficiência - CORDE. Disponível em: <<http://portal.mj.gov.br/corde>>. Acesso em: 10 jan. 2016.
- COSTA, R.M; RIBEIRO, M.W.S. Aplicações de realidade virtual e aumentada. In: Symposium on Virtual Reality, 11, 2009, Porto Alegre. Anais, Porto Alegre: SBC, 2009.
- KIRNER, C.; SISCOOTTO, R.. Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações. In: Symposium on virtual and augmented reality, 9, 2007, Petrópolis. Anais, Petrópolis: SBC, 2007.
- LITJENS, O.J. *Automação de estufas agrícolas utilizando sensoriamento remoto e o protocolo ZigBee*. 2009. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- MAIA, M.C.. *O uso da tecnologia da informação para a educação à distância no ensino superior*. 2003. 294 p. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2003.
- MCROBERTS, M.. *Arduino básico*. São Paulo: Novatec, 2011.
- MELO, J.S.S.. *Integrando realidade virtual em sistemas tutores inteligentes no domínio da saúde*. 2007. 115 p. Dissertação (Mestrado em Gestão do Conhecimento e da Tecnologia da Informação) – Faculdade Católica de Ciências, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2007.



MICROSOFT. Wearable technology. Disponível em:

<http://www.microsoftstore.com/store/msusa/en_US/cat/Wearable-technology>. Acesso em: 10 nov. 2015.

MURATORI, J.R.; BO, P.H.D. Automação residencial: histórico, definições e conceitos. *O Setor Elétrico*, v. 62, n. 2. p. 70-77, 2011.

MYO. Myo Developer. Disponível em: <<https://developer.thalmic.com/>>. Acesso em: 20 out. 2015.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. Fundamentos e tecnologia da realidade virtual e aumentada. In: Symposium on virtual reality, 8, 2006, Belém. Anais, Belém: SBC, 2006. 422 p.



Análise estrutural do rotor de um turbogerador de alta rotação

Structural analysis of the rotor of a high speed turbogenerator

André Ferrus Filho (pro1724@cefsa.edu.br)

Mestre em Engenharia Biomédica pela Universidade de Mogi das Cruzes e professor da Faculdade de Tecnologia Termomecânica (FTT)

Rodrigo Teixeira Bento (rodrigoteixeirabento@gmail.com)

Tecnólogo em Mecatrônica Industrial pela Faculdade de Tecnologia Termomecânica (FTT)



Resumo

O aproveitamento de recursos térmicos para a geração de energia, transporte e realização de tarefas cotidianas sempre foi tido como útil para o homem. Contudo, devido à preocupação em relação à dependência energética brasileira, concentrada nos recursos hídricos, fontes alternativas de geração de energia são cada vez mais estudadas. Partindo dessa necessidade, este projeto visa, através do modelamento de um turbogerador, realizar a análise estrutural do rotor do componente citado, empregando-se o Método de Elementos Finitos. Para a validação do perfil geométrico do turbogerador, foi desenvolvido um estudo de materiais, para avaliar o seu desempenho sob os esforços solicitados de acordo com as condições do projeto.

Palavras-chave: Turbogenerador. Energia. Análise estrutural. Materiais.

Abstract

The use of thermal resources for power generation, transport and performing daily tasks has always been regarded as useful to man. However, due to the concern about the Brazilian energy dependence, based mostly on water resources, alternative sources of power generation are increasingly studied. Starting from this need, this project aims, through modeling of a turbogenerator, to conduct structural analysis of the rotor of the mentioned component, using the Finite Element Method. To validate the geometric profile of the turbogenerator, a study of materials was developed, assessing performance under the required efforts in accordance with the design conditions of the project.

Keywords: Turbogenerator. Energy, Structural analysis. Materials.

Introdução

Turbogeradores, segundo De Carvalho et al (2011, p. 17), são motores rotativos exotérmicos de circuito fechado que convertem energia cinética - produzida por uma corrente de água, gás ou vapor - em trabalho mecânico na forma de torque e velocidade de rotação. Essa energia gerada é transferida para um eixo, podendo ser utilizada para o acionamento de bombas, compressores, sopradores, propulsão, geradores elétricos, uma hélice, entre outras diversas aplicações. A passagem do vapor produz resultantes tangenciais que, sendo aplicadas às palhetas, gera um movimento rotacional, fazendo o rotor, o seu elemento básico, girar. “Grande parte da energia mundial, atualmente, é produzida com a utilização de turbogeradores” (DE CARVALHO et al, 2011, p. 19).

Pode-se encontrar na indústria, como afirma Bizzo (2003, p.66), a utilização desses sistemas em petroquímicas, usinas de açúcar e álcool, indústria alimentícia, indústria de papel e celulose, além de usinas de processamento de lixo. Com base na literatura científica, o estudo de turbogeradores destina-se ao desenvolvimento de máquinas térmicas e à otimização do conhecimento a seu respeito para a validação de seus benefícios, de sua viabilidade e de sua aplicação.

“Quanto mais desenvolvido um país, maior a quantidade de energia necessária para sua manutenção” (BIZZO, 2002, p. 71). A principal matriz energética brasileira está concentrada nos recursos hídricos. Contudo, devido à preocupação com relação a essa dependência, fontes alternativas de geração de energia são cada vez mais estudadas. Fundamentalmente, a ascensão do uso de turbinas a vapor ocorreu devido à alta eficiência energética proporcionada pelo seu funcionamento, constituindo uma solução de baixo custo e reduzidos impactos ambientais.

Diversos trabalhos apresentam como linha de pesquisa o estudo de turbinas empregando o Método de Elementos Finitos (MEF). Araújo et al (2014) propuseram a análise numérica de uma pá de turbina eólica para a obtenção de parâmetros dinâmicos, utilizando o MEF. A pá, em aço inox 304, apresentou resultados de frequência de vibração satisfatórios, não havendo mudanças significativas em relação ao refinamento da malha. Gangele e Ahmed (2013) e Kang et al (2012) analisaram dinamicamente as palhetas de turbinas eólicas, considerando diferentes parâmetros geométricos e as propriedades dos materiais. Gangele e Ahmed (2013) investigaram, por elementos finitos, o modo de vibração das pás confeccionadas em Kevlar® e Technora, comparando-o com sua frequência natural. Já Kang et al (2012) tiveram como objetivo a

análise da fibra de carbono e da fibra de vidro, sendo que ambas demonstraram coeficientes de segurança satisfatórios. Thrinadh, Bandaru e Venkatesh (2015) não se limitaram a estudar dinamicamente as palhetas de uma turbina, mas realizaram análises estáticas por elementos finitos. Foram seis materiais propostos no estudo: Kevlar® 149, Technora, fibra de vidro (Glass-E e Glass-S), fibra de boro e grafite. Comparando os resultados obtidos, verificaram que as fibras de vidro apresentaram os menores valores de deformação em baixas frequências naturais de vibração.

Objetivos

O presente projeto foi elaborado com o objetivo de realizar a análise estrutural do rotor de um turbogerador de alta rotação. Uma turbina a vapor do tipo De Laval, alocada na extremidade do eixo, deve suportar as condições de pressão causada pela injeção do vapor d'água sobre as palhetas e a resultante centrífuga gerada por uma rotação de 30000 rpm, aplicada ao sistema através de um motor assíncrono localizado na extremidade oposta do eixo. Para este fim, têm-se como objetivos específicos:

- Dimensionar o perfil geométrico da turbina a vapor;
- Definir os materiais a serem utilizados, de acordo com as propriedades mecânicas e os esforços exigidos;
- Realizar a análise estrutural do rotor através do Método de Elementos Finitos;
- Permitir o recolhimento e a interpretação dos resultados.

Metodologia

Dimensionamento e modelagem

Com base nos estudos desenvolvidos sobre turbogeradores e em diversas pesquisas na área de Termodinâmica, foi elaborado um modelo protótipo virtual de uma turbina a vapor axial do tipo De Laval (figura 1). Foi adotado como base do projeto o estudo proposto por De Carvalho et al (2011), além de

determinados artigos da área, incorporando algumas de suas ideias com inovações que pudessem contribuir para a evolução nessa linha de pesquisa.

Tabela 1 – Parâmetros gerais da turbina

Dados da Turbina	Valor	Unidade
Potência desejada	50	kW
Rotação do rotor	30000	rpm
	500	rps
Pressão de operação	2,2	MPa
Pressão do vapor de escape	0,6	MPa
Temperatura do vapor vivo	320	°C
Entalpia de entrada	3064	kJ/kg
Entalpia de saída	2771,96	kJ/kg

Fonte: baseado em De Carvalho et al, 2011.

Adotando-se os dados da tabela 1 para o dimensionamento da turbina, é necessário ter o conhecimento de parâmetros como: trabalho específico interno [1], fluxo de massa [2], o limite superior permissível para a velocidade tangencial [3] e, devido à resistência do rotor empregando-se pressão constante, a força centrífuga [4], a força tangencial [5] e a força axial [6].

$$\gamma = h_e - h_s \quad (1)$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{W}}{\gamma \times \eta_i \times \eta_m} \quad (2)$$

$$u = v_m \times C_y \quad (3)$$

$$F_c = m \times \omega^2 \times r \quad (4)$$

$$F_T = \frac{M_T}{r} \quad (5)$$

$$F_{\alpha} = P_e \times \left(\frac{\pi \times b_2^2}{4} \right) \quad (6)$$

Onde, em [1], h_e e h_s representam, respectivamente, a entalpia de entrada e a de saída; em [2], \dot{W} é a potência de trabalho e η_i e η_m , respectivamente, os rendimentos interno e mecânico; em [3], v_m é o coeficiente de velocidade média e C_y é a velocidade teórica; em [4] temos m representando a massa do componente, ω é o módulo da velocidade angular média e r é o comprimento do raio do rotor; em [5], M_T é o torque ou momento torçor; e em [6], P_e é a pressão de entrada sobre as palhetas e b_2 é a altura mínima da palheta.

Além disso, devem ser consideradas as relações dimensionais de diâmetro médio das palhetas [7] e o número de palhetas da turbina [8], onde, em [7], u representa a velocidade tangencial, e em [8], A_{α} é o arco de admissão da turbina.

$$D_m = \frac{2 \times u}{\omega} \quad (7)$$

$$Z_{min} = 12 + \left(0,7 \times \frac{r}{A_{\alpha}} \right) \quad (8)$$

Esses parâmetros são fundamentais para o estudo de movimentos e a análise estrutural dos materiais empregados na construção do modelo, permitindo verificar se ele suporta as solicitações às quais será exigido submetido.

Soares (2013) afirma que não é vantajoso que se tenha um número pequeno de pás, pois isto provoca a perda de uma parcela de fluido sem efetuar trabalho. Um número grande de pás também não é vantajoso, já que "isto pode aumentar o custo da turbina e pode até reduzir o seu rendimento" (SOARES, 2013, p. 40). O autor recomenda, por segurança, adotar um número de pás Z de 1,15 a 1,5 vezes maior que Z_{min} .

Assumindo, para esse caso, 1,5, e através dos cálculos dimensionais apresentados, obteve-se uma turbina com 0,1556m de diâmetro médio e um total de 20 palhetas, como apresentado na figura 1.

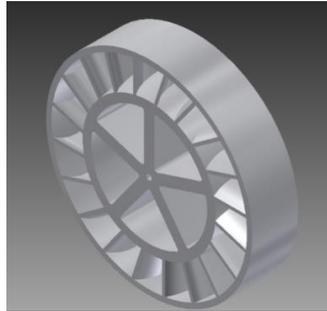


Figura 1 – Modelo final da turbina.

Fonte: própria. Tela captada do software Autodesk® Inventor 3D.

Definições de material

As partes críticas de uma turbina, de acordo com De Carvalho et al (2011, p. 57), são aquelas em contato com o vapor de admissão, baseando-se no conceito de que as características mecânicas de um metal sofrem grandes modificações com a elevação da temperatura.

Os parâmetros analisados nesta escolha foram boa resistência à corrosão e oxidação, boa estabilidade estrutural sob elevada temperatura durante um espaço de tempo prolongado (fluência), baixa densidade e elevada resistência mecânica.

O aço é o material mais utilizado na construção de turbinas a vapor, principalmente os classificados como aços inoxidáveis, por possuírem, segundo Askeland, Fulay e Wright (2010, p. 519-520), elevada resistência mecânica e alta resistência à corrosão, por serem 100% recicláveis, além de inertes.

Contudo, devido ao fato de possuírem elementos de liga caros em sua composição (cromo, molibdênio, níquel, vanádio, magnésio) e por sua alta densidade ($7870 \frac{kg}{m^3}$), optou-se por compará-lo com uma liga de alumínio, por este material gerar um custo menor de produção e, principalmente, por ser três vezes mais leve que o aço, conforme Askeland, Fulay e Wright (2010, p. 540).

Os materiais de referência selecionados para o projeto da turbina foram, dessa maneira, o aço inoxidável martensítico AISI 420, o aço SAE 4340 normalizado e a liga de alumínio 7075-T6, indicada para aplicações em estruturas sob altas tensões, cujas propriedades estão expressas na tabela 2.

Tabela 2 – Propriedades dos materiais em estudo

Principais Características dos Materiais Ensaiaados			
Propriedade	AISI 420	SAE 4340	Alumínio 7075
Densidade	8000 kg/m ³	7850 kg/m ³	2810 kg/m ³
Módulo de Elasticidade	195 GPa	205 GPa	75 GPa
Coeficiente de Poisson	0,27	0,32	0,33
Módulo de Cisalhamento	77 GPa	80 GPa	26,9 GPa
Resistência à tração	655 MPa	1110 MPa	570 MPa
Limite de Escoamento	275 MPa	710 MPa	505 MPa
Tensão de Ruptura	1095 MPa	1900 MPa	2042 MPa

Fonte: adaptado da biblioteca do software *SolidWorks Simulation 2016*.

Resultados

Definem-se, inicialmente, as restrições de apoio, nas quais há um engastamento em toda a superfície do suporte de encaixe do rotor, além da adição de restrição de contato em toda a superfície externa do aro de consolidação, simulando a carcaça da turbina a vapor. A figura 2 apresenta as restrições aplicadas na turbina e a malha empregada para a realização das análises.

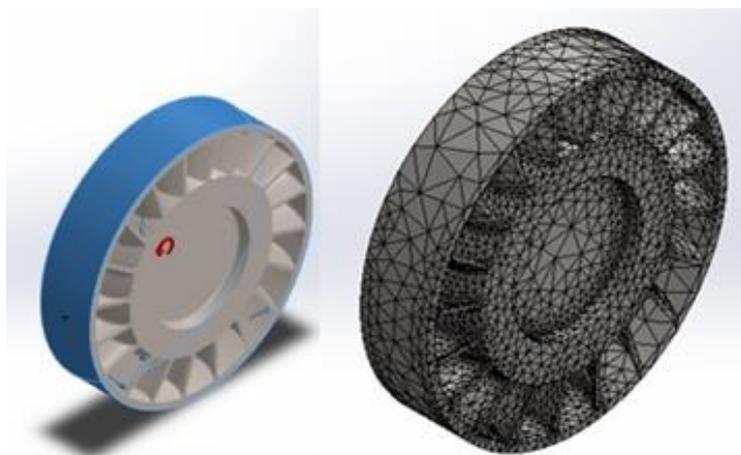


Figura 2 – Condições de contorno e malha utilizada para as análises por MEF
Fonte: própria. Adaptado das telas captadas do software *SolidWorks Simulation 2016*.

A definição adequada das condições de contorno é um ponto crítico em simulações computacionais devido à necessidade de limitar o domínio do modelo, produzindo um contorno artificial próximo ao real. Tal efeito foi obtido fixando-se na região de engastamento do rotor as restrições de deslocamento e rotação, levando-se em consideração que a tensão resultante está diretamente ligada à resultante centrífuga gerada pelo movimento rotacional do sistema. Quanto mais próximas forem aplicadas as restrições de contorno, em relação às condições reais de trabalho, mais confiáveis serão os resultados obtidos.

Aplicando-se os valores dimensionados de resultante centrífuga, velocidade angular (314,1592 rad/s) e pressão sofrida pelas palhetas (2,2 MPa), provenientes do vapor injetado, executou-se a simulação utilizando os materiais em estudo, obtendo-se os seguintes resultados (figura 3).

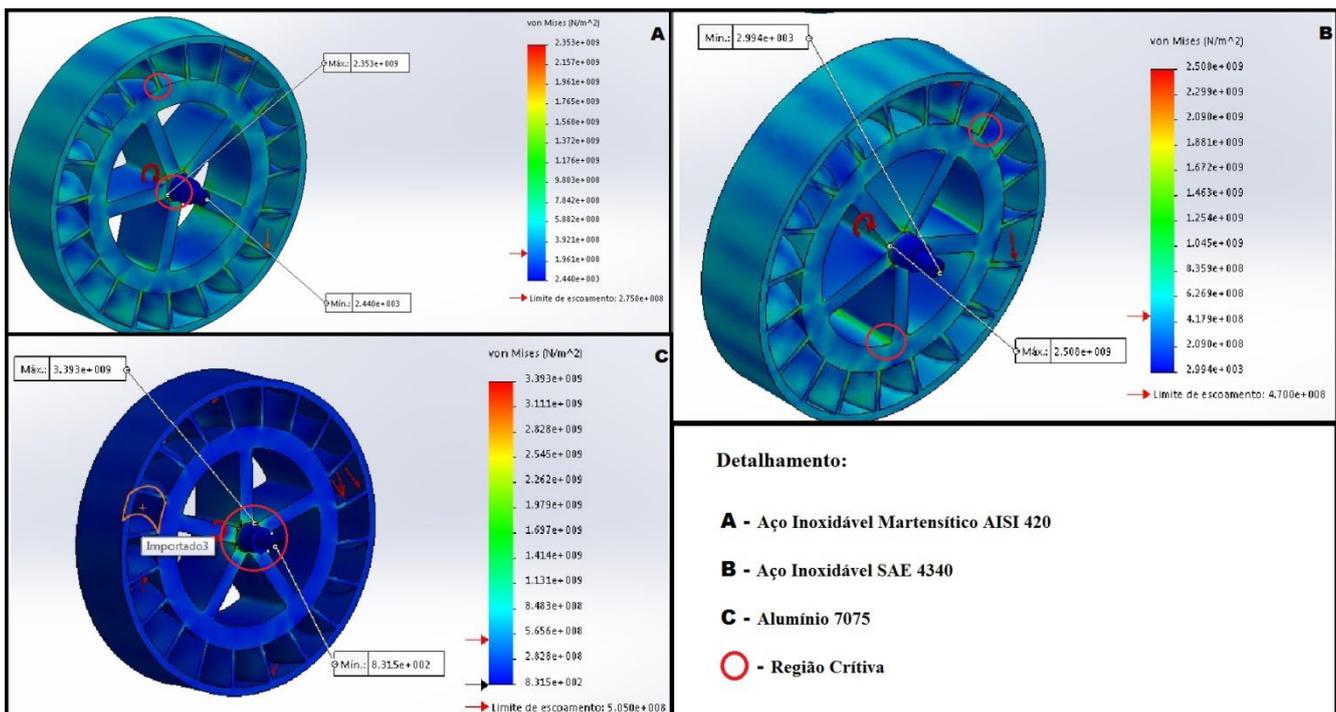


Figura 3 – Máxima tensão equivalente, respectivamente, no aço AISI 420 [A], no aço SAE 4340 [B] e na liga de alumínio 7075 [C], apresentando algumas das principais regiões críticas.

Fonte: própria. Adaptado das telas captadas do software *SolidWorks Simulation 2016*.

As análises, em primeiro plano, apresentaram conclusões insatisfatórias em razão dos valores encontrados. Observou-se que a tensão máxima, assim como a máxima deformação, ocorreu nas regiões

próximas ao engastamento, causado pelo deslocamento da massa do centro do rotor pela resultante centrífuga, e na região de saída do vapor, por ser a maior área com incidência de pressão.

Dessa forma, pode-se afirmar que o componente sofrerá ruptura em qualquer situação apresentada, pois as tensões encontradas nas análises superaram os limites de escoamento dos materiais, constatando que, nessas condições, eles não suportarão os esforços exigidos.

Vale ressaltar que, além de se trabalhar na zona elástica dos materiais, foi utilizado nas análises de tensão e deformação das estruturas o Método de Von Misés, “critério que apresenta resultados mais confiáveis visto que considera a tensão intermediária” (DE CARVALHO et al, 2011, p. 60).

Outra condição necessária a se enfatizar é o fator segurança, definido como “a relação entre tensão para a qual o componente foi projetado e a carga aplicada” (ASKELAND; FULAY; WRIGHT, 2010, p. 281), isto é, a razão do limite de escoamento pela tensão admissível. O limite de segurança deve ser um número maior que 1, a fim de evitar maior possibilidade de falha do projeto. Por exemplo, um componente que será submetido a uma carga de 50 MPa será projetado de tal modo que possa resistir a 100 MPa. Nesse caso, o coeficiente de segurança do projeto é 2. Foi determinado um fator de segurança a partir de 1,2, indicando que a turbina poderá suportar um esforço 20% maior que o aplicado.

Analisando-se os resultados obtidos, observou-se uma necessidade de retificação do projeto. Os alívios de massa modelados, por apresentarem “cantos vivos”, geraram uma elevada concentração de tensão, assim como as regiões de aresta das palhetas, podendo vir a provocar a ruptura por fadiga nessas superfícies.

Para solucionar esse problema, o rotor da turbina foi remodelado, eliminando-se as zonas de tensão concentrada através da criação de filetes nos ângulos retos – arestas das palhetas e a área de apoio do suporte de conexão com o eixo – e pelo ajuste dos alívios de massa, dando continuidade ao processo de análise estrutural, aplicando-se a mesma metodologia empregada anteriormente, com os mesmos parâmetros.

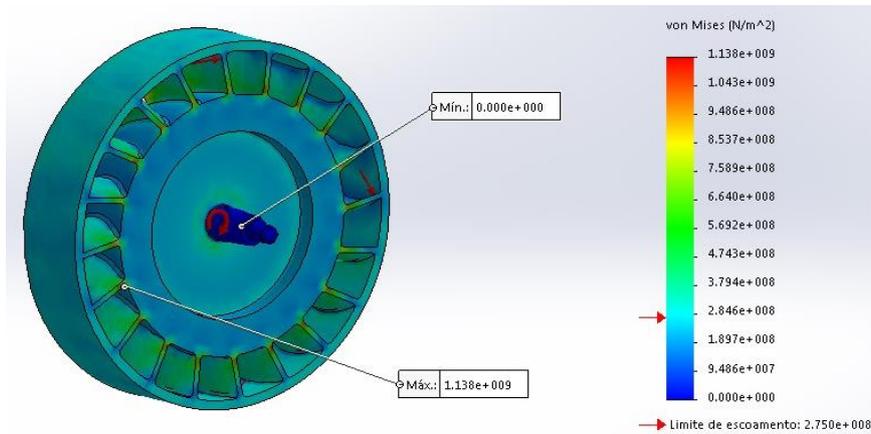


Figura 4 – Máxima tensão equivalente no aço AISI 420.
Fonte: própria. Tela captada do software *SolidWorks Simulation 2016*.

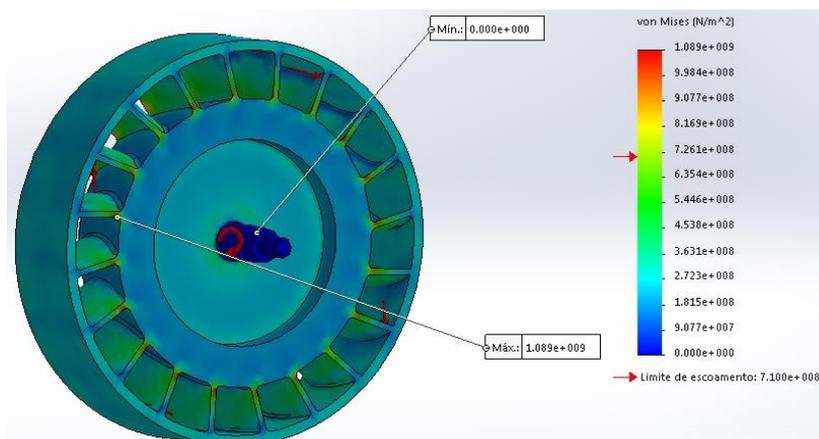


Figura 5 – Máxima tensão equivalente no aço SAE 4340.
Fonte: própria. Tela captada do software *SolidWorks Simulation 2016*.

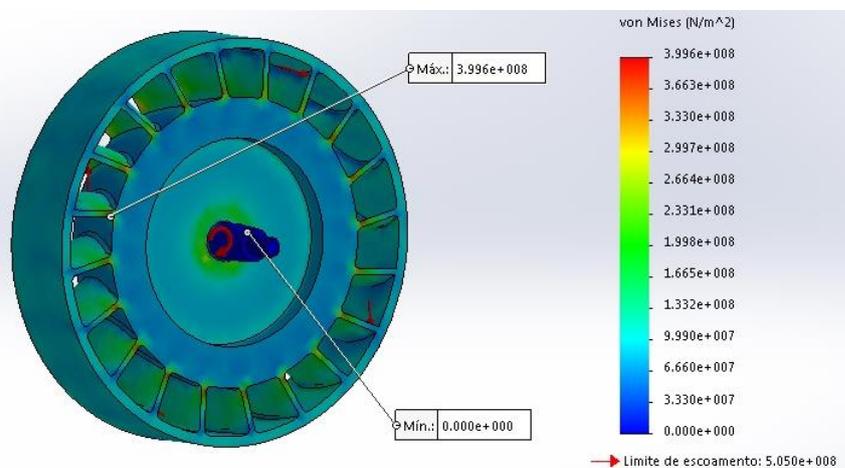


Figura 6 – Máxima tensão equivalente no alumínio 7075.
Fonte: própria. Tela captada do software *SolidWorks Simulation 2016*.

Examinando-se os estudos, nota-se que os aços AISI 420 (figura 4) e SAE 4340 (figura 5) não suportaram os esforços exigidos, pois a tensão máxima, respectivamente, foi de 1138 MPa (o limite de escoamento do AISI 420 é de 275 MPa) e 1089 MPa (o limite de escoamento do SAE 4340 é de 710 MPa).

Embora o aço SAE 4340 não suporte a força centrífuga gerada, verificou-se que a tensão máxima obtida nesse caso não foi superior à sua tensão de ruptura, 1900 MPa, diferentemente da análise anterior, concluindo-se que houve uma melhora no projeto.

A liga de alumínio 7075 (figura 6), por outro lado, não sofreu nenhuma fratura prematura como os demais materiais, pois a tensão máxima encontrada foi de 399,6 MPa, 20,8% menor que seu limite de escoamento (505 MPa). Além disso, o rotor sofreu um deslocamento de apenas 0,45 mm (figura 6), relativamente baixo em relação à precisão de movimento do corpo, com um fator de segurança em 1,26 (figura 7); apesar de estar praticamente no limite estipulado, pode ser considerado aceitável.

Dessa forma, pelo fato de a liga de alumínio 7075 não sofrer ruptura e suportar os esforços de trabalho exigidos, ela é a mais indicada para a construção do rotor nessas condições.

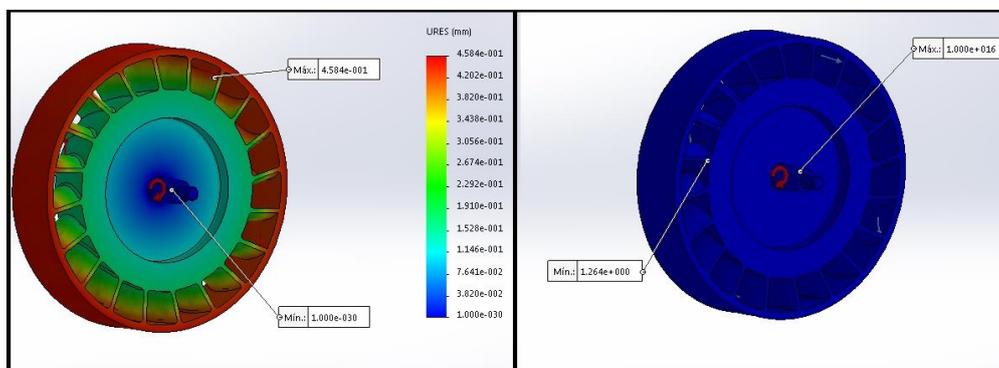


Figura 7 – À esquerda, deslocamento máximo causado pela resultante centrífuga na liga de alumínio 7075; à direita, o fator de segurança do componente ensaiado.

Fonte: própria. Adaptado das telas captadas do software *SolidWorks Simulation 2016*.

Como foi citado anteriormente neste capítulo, os valores de tensão estão diretamente ligados à resultante centrífuga gerada pelo movimento rotacional do sistema. Dessa forma, sabendo-se que tal força é diretamente proporcional à massa da turbina, ao comprimento do raio do rotor e ao módulo da velocidade angular, percebe-se que a variação nos resultados é dada pela diferença de densidade dos materiais

propostos em estudo. A tensão máxima sofrida pela liga de alumínio, em comparação aos valores encontrados com ambos os aços, é em torno de três vezes menor – assim como ocorre entre as massas específicas dos materiais – validando os cálculos dimensionais.

Tendo em vista uma gestão produtiva de melhoria contínua, foi empregada uma última análise, adotando um material tratado termicamente. O processo de tratamento térmico - aquecimento ou resfriamento controlado - a que os materiais são sujeitos tem como finalidade aumentar suas propriedades físicas e mecânicas, sem alterar a forma do produto final.

Sendo assim, decidiu-se estudar o comportamento do aço SAE 4340 temperado e revenido, empregando-se as condições de projeto.

Esse material apresenta um limite de escoamento de 1800 MPa, além de uma tensão de ruptura de 2250 MPa, extremamente superiores às propriedades do mesmo material sem tratamento.

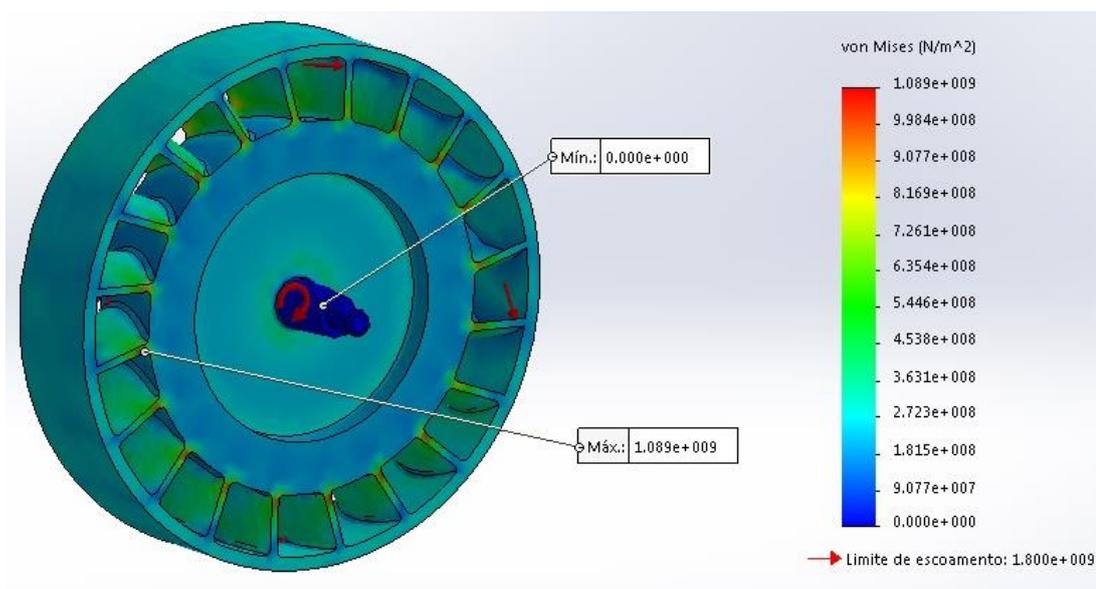


Figura 8 – Máxima tensão equivalente no aço 4340 temperado e revenido.
Fonte: própria. Tela captada do software *SolidWorks Simulation 2016*.

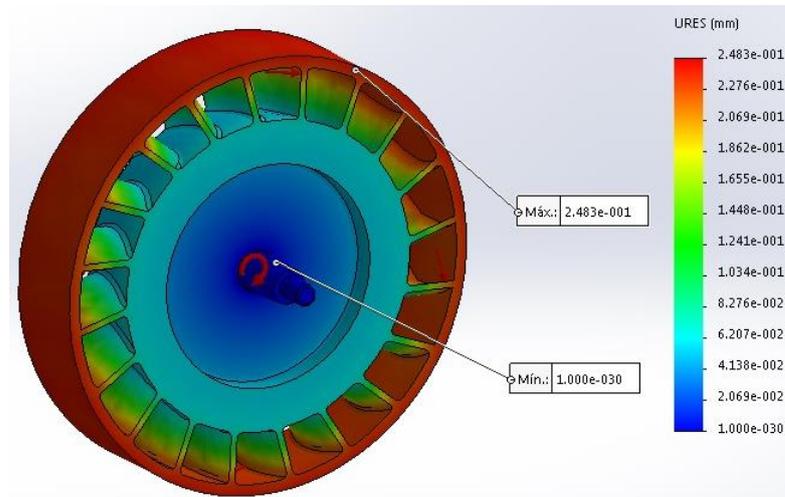


Figura 9 – Deslocamento máximo no aço 4340 temperado e revenido.
Fonte: própria. Tela captada do software *SolidWorks Simulation* 2016.

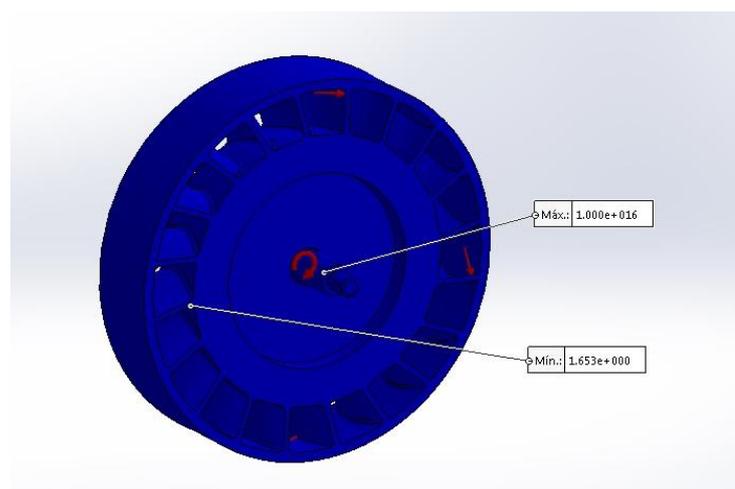


Figura 10 – Fator de Segurança do componente ensaiado.
Fonte: própria. Tela captada do software *SolidWorks Simulation* 2016.

Observando-se a figura 8, comprovou-se que, através de um tratamento térmico, houve uma otimização significativa no material, pois a tensão máxima sofrida pelo rotor foi de apenas 60,5% do seu limite de escoamento, o deslocamento máximo foi de apenas 0,248mm (figura 9), 55% menor que o deslocamento sofrido com a liga de alumínio 7075, e com o maior fator de segurança alcançado em todos os ensaios: 1,65 (figura 10).

Nessas condições, o aço SAE4340 tratado termicamente torna-se uma excelente alternativa para a fabricação da turbina.

Como efeito de curiosidade, foi levantado um estudo para verificar qual o limite de rotação a que os materiais aprovados nas análises alcançariam. A liga de alumínio 7075 suportou, no máximo, mais 10% de rotação, ou seja, 33000 rpm, enquanto o aço SAE 4340 temperado e revenido atingiu uma espetacular rotação de 38000 rpm, aproximadamente 27% superior ao nosso objetivo.

Considerações finais

Considerando as pressões, forças e restrições aplicadas no rotor da turbina De Laval, após as análises estruturais realizadas através do Método de Elementos Finitos, foi possível concluir que o material AISI 420 não deve ser utilizado para essa aplicação, pois seu baixo limite de escoamento não suporta as tensões ocasionadas pela alta rotação do rotor. Por outro lado, a liga de alumínio 7075 e o aço SAE 4340, temperado e revenido, obtiveram resultados satisfatórios quando submetidos a esforços nas mesmas condições, especialmente o SAE 4340, pois foi o material que apresentou o maior fator de segurança com um ótimo percentual de rendimento, podendo suportar rotações ainda maiores do que as projetadas inicialmente, sendo, dessa maneira, o material indicado para a construção do turbogerador.

As diferenças de tensões resultantes encontradas devem-se ao fato de que cada material apresenta uma densidade específica. Esse fato pode ser comprovado por meio do conhecimento de que a resultante centrífuga, a principal força atuante sobre o rotor, é dada pela razão da massa, velocidade angular e raio da turbina, considerando-se que as duas últimas variáveis são constantes e que todos os materiais foram estudados sob as mesmas condições de análise, validando o dimensionamento do projeto.

Durante o desenvolvimento do projeto, verificou-se a necessidade da aplicação de alívios de tensão no componente, que podem ser alcançados através de um tratamento térmico, como recozimento, normalização e revenimento, por exemplo.

Referências

- ARAÚJO, D. C. et al. *Análise modal de uma pá de turbina modelada como elemento de viga utilizando a plataforma ANSYS*. In: Ibero Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering, 35, 2014, Fortaleza. Proceedings, Fortaleza: ABMEC, 2014, p1-5.
- ASKELAND, D. R.; FULAY, P. P.; WRIGHT, W. J., *The science and engineering of materials*. São Paulo: CENGAGE Learning, 6. Ed. 2010. 949 p.
- BIZZO, W.A. Geradores de Vapor. In: BIZZO, W. A. *Geração, distribuição e utilização de vapor*. Campinas: Unicamp, 2003. Cap. 4. p. 66-81.
- DE CARVALHO, S.L.R, et al. *Projeto do rotor de uma turbina De Laval*. 2011. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, 2011.
- GANGELE, A.; AHMED, S. Modal analysis of S809 wind turbine blade considering different geometrical and material parameters. *International journal of precision, engineering and manufacturing*, v. 94, n. 3, 2013, p. 225-228.
- KANG, B. et al. Dynamic analysis of hybrid wind power composite blades according to stacking properties method. *International journal of precision engineering and manufacturing*, v. 13, n. 7, 2012, p. 1161-1166.
- SOARES, R.L. *Projeto conceitual de uma turbina hidráulica a ser utilizada na usina hidrelétrica externa de Henry Borden*. 2013. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013, p. 38-45.
- THRINADH, D.; BANDARU, S.; VENKATESH, P.H.J., Static and dynamic analysis of wind turbine blade. *International journal of engineering technology, management and applied sciences*, v. 3, 2015, p. 1-7.



Desenvolvimento de um sistema de amortecimento lateral aplicado a uma órtese tornozelo-pé e análise estática angular através de acelerômetro

Development of a lateral damping system applied on an ankle-foot orthosis and angular static analysis through accelerometer

Nilson Yukihiro Tamashiro (pro5827@cefsa.edu.br)

Mestre em Engenharia Biomédica pela Universidade de Mogi das Cruzes e professor da Faculdade de Tecnologia Termomecânica.(FTT)

Lucas Santana (lucas_santana94@yahoo.com.br)

Estudante do curso de Tecnologia em Mecatrônica da Faculdade de Tecnologia Termomecânica (FTT)

Maitê Santos (maithe.almeida@hotmail.com)

Estudante do curso de Tecnologia em Mecatrônica da Faculdade de Tecnologia Termomecânica (FTT)

Resumo

A utilização de órteses mostra-se necessária em pessoas que perderam o domínio do equilíbrio, porém, em sua maioria, elas não controlam os movimentos de inversão e eversão, tornando-se um problema difícil o caminhar em pisos irregulares. Quando o controle dos movimentos de inversão e eversão pela órtese são inexistentes, ocorre uma sobrecarga nas articulações do joelho e do quadril. O objetivo deste trabalho é comparar estaticamente uma órtese com sistema de amortecimento lateral e a redução do seu peso com um projeto anteriormente realizado. Para isso, foi desenvolvido um sistema de amortecimento com elásticos e molas. A leitura e a comparação dos dados foram realizadas pelo acelerômetro conectado à placa Arduino®, transmitindo os dados para o computador por Bluetooth®. Esses dados foram analisados e salvos nos softwares LabView® e Excel®. Foram utilizados planos de 5°, 10° e 15°, e realizadas as medições do sistema. Comparando-se os resultados da órtese rígida com a órtese com sistema de amortecimento, observou-se uma redução do ângulo lateral da perna. Através dos testes de 10° de inclinação, verificou-se uma redução da angulação de 80% na eversão e 90% na inversão. Conclui-se que, com o sistema de amortecimento lateral, ocorre a adaptação do pé ao solo, diminuindo a pressão lateral nas articulações do joelho.

Palavras-chave: Órtese tornozelo-pé. Inversão. Eversão. Acelerômetro.

Abstract

The use of orthoses seems to be necessary for people who have lost the rule command of body balance of balance. However, most of those people cannot control the movements of inversion and eversion, becoming the action of walking a problem when it is done on uneven floors. When the control of the inversion and eversion movements by bracing is absent, it occurs an overload in the knee and hip. The objective of this paper is to compare statically a brace with lateral damping system and reduced weight with the previous project. A damping system with rubber bands and springs was developed. The reading and comparison of data was performed by the accelerometer connected to the Arduino® board that transmits the data to the computer via Bluetooth® technology. Those data would be analyzed and saved in Excel® and LabView® software. It was used 5°, 10° and 15° plans, as well as system measurements. Comparing the results of the rigid brace with a brace with side damping system, it was possible to observe that there was a reduction in the side angle of the leg. Through the 10° tilt tests, it was found that there was a reduction of 80% in the eversion angle and of 90% in the inversion angle. In conclusion, with the lateral damping system there is the adaptation of the foot to the soil, decreasing the lateral pressure on the knee.

Keywords: Orthosis OTP. Inversion. Eversion. Accelerometer.

Introdução

Segundo o Censo Demográfico de 2010, cerca de 7% da população brasileira apresenta deficiência motora, sobretudo na faixa acima de 65 anos. De acordo com Costa (2009), as órteses são dispositivos utilizados por pacientes que necessitam restringir o movimento, bem como por aqueles que precisam ter seus movimentos auxiliados. Um dos tipos mais utilizados são as de tornozelo-pé. Conforme estudos realizados por Silva (2014), este tipo de órtese é o mais usado pela população, representando cerca de 26% do total de órteses fornecidas pelos Estados Unidos, para evitar deformidades do tornozelo e do pé de forma simultânea e melhorar a estabilidade do tornozelo.

Segundo Silva (2014), os modelos mais comuns de órteses tornozelo-pé são as de plástico termomoldável, adaptadas com tiras de velcro, os quais podem ser confeccionados conforme a medida do paciente.

Araújo (2010) afirma que a evolução da microeletrônica e da informática, além do desenvolvimento de materiais com alta resistência e leveza, tornou possível a confecção de dispositivos robóticos mais eficientes, os quais auxiliam na locomoção de pessoas com dificuldades. Conforme Araújo (2010), para o desenvolvimento de uma órtese que auxilie a locomoção de uma pessoa, é preciso ter o conhecimento de alguns conceitos, como a marcha humana e os esforços envolvidos nos movimentos. A assistência de dispositivos de apoio, como órteses e próteses que restauram algumas das funções do tornozelo e do pé, é necessária para as pessoas com dificuldades de locomoção, como mostra Azzi (2013), para que consigam realizar o processo de caminhar.

Segundo Tamashiro (2013), as próteses e órteses desenvolvidas até então abordavam somente os movimentos de plantiflexão e dorsiflexão durante a marcha. Devido ao foco nesses dois tipos de movimentos, não se leva em consideração o problema da estabilidade da eversão e da inversão, especialmente no que diz respeito a terrenos irregulares. Desse modo, o objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema de amortecimento lateral para os movimentos de eversão e inversão de uma órtese tornozelo-pé, bem como de reduzir seu peso, em relação ao aparelho projetado anteriormente.

Método

Projeto mecânico

O trabalho partiu de uma órtese proveniente do trabalho realizado por Azzi (2013), articulada no seu movimento de eversão, inversão, dorsiflexão e flexão plantar. Esta órtese apresentava alguns problemas, como o seu peso, que atingia 2,08Kg. Como a alteração do seu material não foi financeiramente viável, partiu-se para a substituição do sistema de amortecimento.

A órtese continha um sistema de amortecimento por mola de compressão na parte traseira, que limitava fisicamente o movimento de flexão plantar e retornava, com o auxílio da mola, para a dorsiflexão, impedindo o movimento de arraste. Para os movimentos de inversão e eversão, foram utilizadas também molas de compressão, que controlavam os movimentos laterais ajustando assim a angulação de acordo com a irregularidade do piso. O amortecimento no calcanhar seguiu o mesmo parâmetro anterior, utilizando mola de compressão.

Para alterar o sistema de amortecimento, foram planejadas alterações que não afetassem o controle de estabilidade em planos inclinados. Foi então planejada a substituição das molas por elásticos, que, em vez de sofrerem compressão igual à do sistema anterior, responderiam, ao serem tracionados. Também foi planejado um sistema de mola de compressão para dar sustentação aos elásticos. Iniciou-se ainda um projeto de acoplamento do elástico à estrutura da órtese, além de ser idealizado um dispositivo para a sua fixação.

O dispositivo foi confeccionado no software Inventor e enviado para a prototipagem em três dimensões (3D). Ele foi impresso com o material Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS), uma das várias opções disponíveis no mercado. Benaducci (2014) realizou um ensaio mecânico de tração com um tipo de polímero, a Poliamida 66 (PA66), com o qual obtive as curvas tensão-deformação desse material, mostrando que os polímeros possuem apenas zona elástica.

Para fim de testes, foram selecionados três tipos de materiais elásticos que poderiam ser utilizados. O primeiro deles foi o garrote de látex, o segundo foi a câmara de pneu de automóvel e, por último, a câmara de pneu de caminhão.

Segundo a ASM (2000), o ensaio de tração é um dos mais utilizados para a avaliação de materiais. Em geral, esse tipo de ensaio é realizado prendendo-se as extremidades opostas do material de teste em um intervalo de carga que a máquina de teste oferece. A força de tração é aplicada pela máquina, resultando num alongamento gradual e numa eventual fratura do material de teste.

Para a realização do ensaio de tração, foi necessária a padronização dos corpos de prova, deixando-os com a mesma dimensão. A máquina utilizada para o ensaio é a MTS Insight, fabricada nos Estados Unidos, cujo modelo possui capacidade para até 150 KN, auxiliada pelo software de aquisição de dados TestWorks®, o qual permite visualizar os resultados de ensaios mecânicos de forma precisa, através de um feixe de espectros.

O corpo de prova da câmara de pneu de caminhão foi dimensionado com 100 mm de comprimento, 16 mm de largura e 1,6 mm de espessura; o da câmara do pneu de automóvel foi dimensionado com 100 mm de comprimento, 16 mm de largura e 1,3 mm de espessura; já o corpo de prova do garrote foi dimensionado com 100 mm de comprimento, 8 mm de diâmetro e 1,5 mm de espessura de parede.

Ambos os testes foram feitos a uma velocidade de 200 mm/min, obedecendo às normas de ensaio de tração ASM (Sociedade Americana de Metais), que prevê como duração mínima de um ensaio o período de um minuto. Todos os testes com velocidade de 200 mm/min tiveram duração superior a um minuto.

Encerrados os testes, os valores obtidos foram enviados para um arquivo no bloco de notas e, em seguida, foram exportados para um arquivo de Excel®, no qual foram inseridas nas células as fórmulas para obtermos o valor da tensão de escoamento, o valor da constante k do elástico e o valor da deformação.

O valor da tensão de escoamento, que pode ser atribuída como a tensão de ruptura, é obtido através da força em relação à área do material. Como os corpos de provas foram dimensionados com antecedência, bastou inserir os dados na planilha do Excel®.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

onde F é a força, A é a área e σ é a tensão de ruptura.

A deformação do material é importante para a construção da curva tensão-deformação. O seu valor pôde ser obtido através do software de ensaio de tração, que continha os valores do alongamento do

material. O valor da deformação é o comprimento inicial do corpo de prova mais o valor do seu alongamento.

Depois de inseridas as fórmulas, foram obtidos diversos valores de tensão de escoamento e de deformação do material e, em seguida, todos os valores que foram utilizados para a confecção do gráfico da curva tensão-deformação, a fim de encontrar a tensão de escoamento do material, como pode ser visto na figura 1.

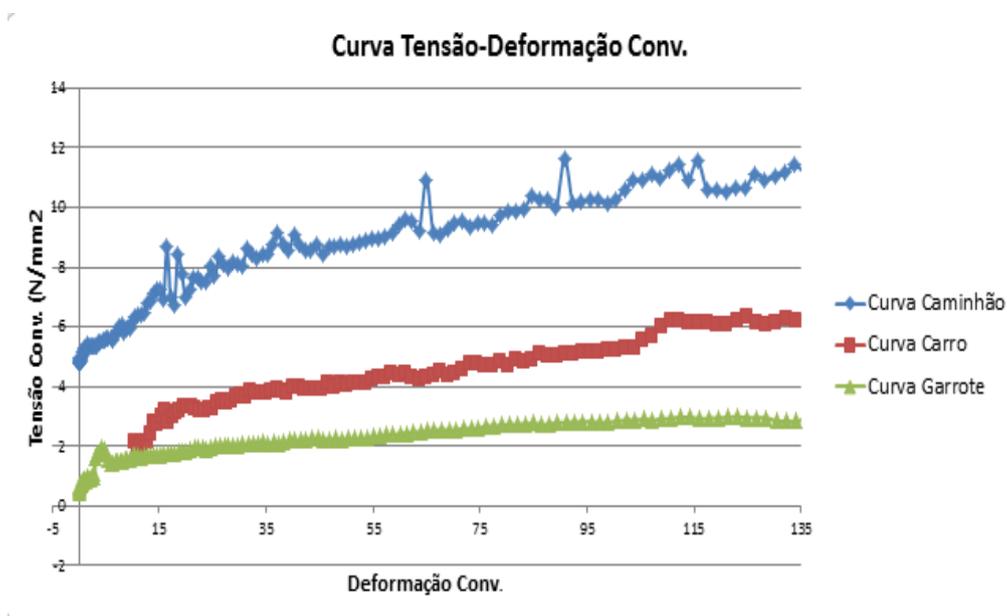


Figura 1 - Tensão em função da deformação, comparando-se as três curvas dos materiais.

O valor da tensão de escoamento em polímeros e borrachas corresponde ao último ponto antes da ruptura do material, daí o nome tensão de ruptura. Como os polímeros não têm zona plástica, o material é composto apenas por zona elástica, tendo um único ponto relativo à tensão, sendo este a tensão de escoamento.

Para dimensionar o valor da constante do material elástico k , utiliza-se a Lei de Hooke, que diz que a referida constante pode ser obtida por meio da relação entre força e deslocamento.

Como os valores da força e do deslocamento já tinham sido obtidos diretamente por meio do software, bastou inserir os valores em um gráfico e, em seguida, adicionar uma linha de tendência, na qual foi possível obter a função da reta, que pode ser definida pela força em função do deslocamento. Cada material teve sua linha de tendência definida.

Em seguida, depois de obtidas todas as funções, foi efetuado o cálculo para adquirir a constante k de cada material. A partir da equação da reta e por meio da variação dos valores de deslocamento, o x da função, foram obtidos os valores de força, ou seja, o y da função. Em seguida, foram construídas tabelas (tabelas 1, 2 e 3) indicando as variações de deslocamento e seus respectivos valores de força. Por meio deles, foi possível calcular o valor da constante dos elásticos, já que a constante é a relação entre força e deslocamento (figura 2).

Tabela 1: Resultados para a obtenção da constante elástica do garrote

Deslocamento(mm)	Força(N)	Constante K(N/mm)
100	96,335	0,96335
200	145,195	0,72598
300	194,055	0,64685

Tabela 2: Resultados para a obtenção da constante elástica da câmara de pneu de automóvel

Deslocamento(mm)	Força(N)	Constante K(N/mm)
100	82,816	0,82816
200	129,886	0,64943
300	176,956	0,58985

Tabela 3: Resultados para a obtenção da constante elástica da câmara de pneu de caminhão

Deslocamento(mm)	Força (N)	Constante K(N/mm)
100	212,01	2,1201
200	305,53	1,5276
300	399,05	1,3301

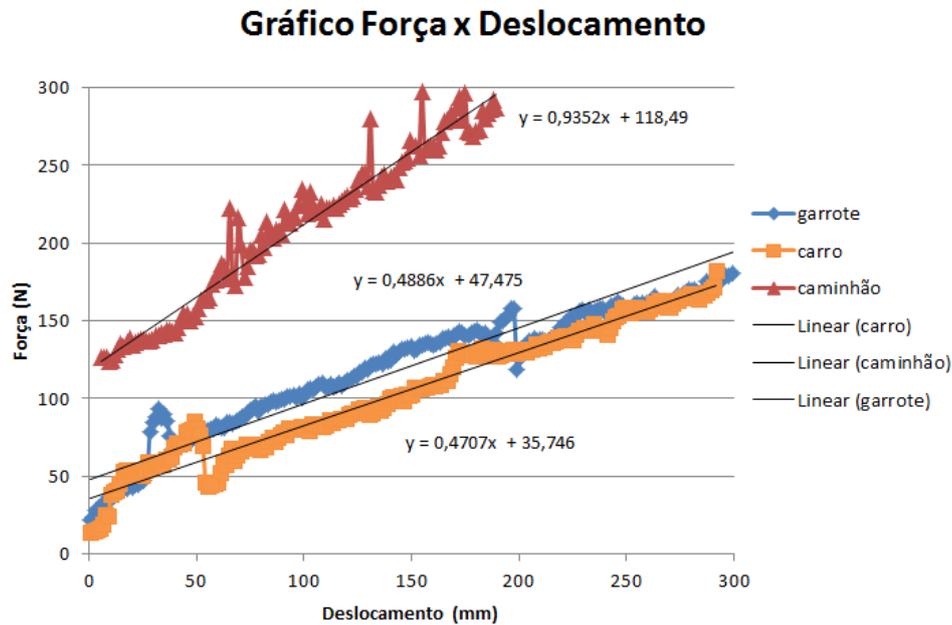


Figura 2 - Força em função do deslocamento, comparando-se as três curvas dos materiais.

Posteriormente, foi calculada uma média entre os valores da constante de cada material para se obter um único valor. Os valores encontrados das médias foram $0,7787\text{N/mm}$, para o garrote; $0,6891\text{ N/mm}$, para a câmara de pneu de automóvel e $1,6593\text{N/mm}$, para a câmara de pneu de caminhão.

Para a realização do amortecimento nos movimentos de inversão e eversão, foi necessária a instalação de uma mola de torção junto à articulação, que executa a tensão nos elásticos. Como essa mola influencia nos movimentos de inversão e eversão, foi necessária a realização de testes para ser obtido o seu valor da constante K. Para isso, foi criado um sistema para o cálculo de seu K, por meio da lei de Hooke, já que é possível chegar ao seu valor pela relação entre força e deslocamento.

A partir dos resultados obtidos, foi feito um gráfico da constante K, no qual o deslocamento, (eixo x) está em função da força (eixo y). Foi adicionada uma linha de tendência, pela qual foi possível obter a equação da reta, como pode ser observado na figura 3.

Gráfico constante K da mola

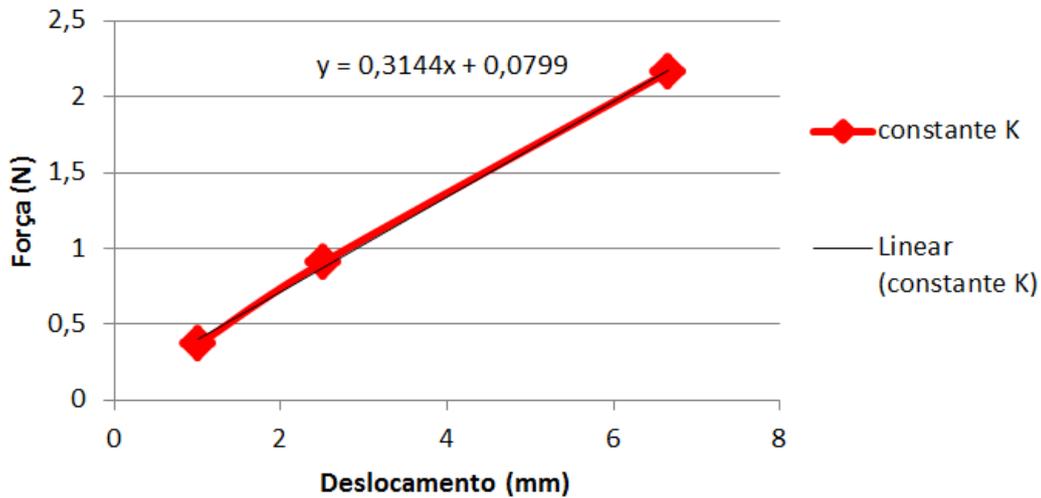


Figura 3 - Constante K da mola, onde o deslocamento está em função da força.

Por meio da equação da reta, foi possível variar os valores do deslocamento no eixo x, e obter seus respectivos valores de força, representada no eixo y, e, posteriormente, dividir os valores de força pelos seus correspondentes valores de deslocamento, alcançando assim os valores de k, como podemos verificar na tabela 4. Depois disso, foi feita uma média com todos os valores de k obtidos, e chegamos ao k da mola de 0,3508N/mm.

Tabela 4: Resultados para a obtenção da constante elástica k da mola

Deslocamento(mm)	Força(N)	Constante K(N/mm)
1	0,3943	0,3943
2	0,7078	0,3543
3	1,0231	0,3410
4	1,3375	0,3343
5	1,6519	0,3303

Projeto eletrônico

O projeto anteriormente realizado tinha como foco a aquisição de dados por intermédio de dois acelerômetros, um inserido na perna e outro no pé, tendo como foco a captação dos ângulos referentes a estes dois segmentos do corpo. Todos estes dados eram processados por um microcontrolador - *Programmable Interface Controller* - PIC -, o qual transmitia estes dados para um terminal de PC por intermédio da tecnologia Bluetooth®.

Devido à sua versatilidade e à possibilidade de uso das bibliotecas, a plataforma Arduino® foi escolhida para substituir o microcontrolador PIC. Para ler os ângulos em X e Y da perna, utilizou-se o módulo MPU 6050, o qual possui um acelerômetro e um giroscópio. Desse modo, conseguiu-se uma modernização frente ao acelerômetro utilizado isoladamente.

Segundo o estudo realizado por Bianchi (2014), o hardware do Arduino® não requer nenhuma permissão para uso e permite trabalhos derivados tanto para uso pessoal quanto para comercial, contanto que haja crédito para o projeto oficial.

Segundo a InvenSense (2014), o *Motion Processing Unit* (MPU) 6050 é um processador integrado de 6 eixos que elimina o desalinhamento associado com soluções discretas tanto do giroscópio quanto do acelerômetro, sendo que este dispositivo combina um acelerômetro de 3 eixos, bem como um giroscópio, também com 3 eixos, em apenas um encapsulamento.

A programação elaborada para captar os ângulos do MPU 6050 foi escrita no Arduino®, um software de código aberto, disponibilizado gratuitamente e que compila o programa para a placa de mesmo nome. Para a programação, utilizou-se a linguagem C++.

Uma das características do MPU 6050 é que ele fornece valores que variam conforme se movimenta o módulo. Como existe uma relação entre esses valores com o deslocamento e a rotação do módulo, o cálculo dos ângulos tornou-se possível. Para tanto, foi necessário descobrir os offsets do MPU 6050, ou seja, os pontos que o programa considerava como referência na hora de realizar os cálculos foi o ponto zero. A obtenção desses valores de referência foi feita com o auxílio de uma segunda programação, contida em outro arquivo. Para que este processo fosse bem-sucedido, foi necessário que o módulo estivesse fixado, em repouso, sob alguma superfície horizontal. Com esses valores em mãos, pôde-se partir para o segundo passo: inserir os valores de offset na "programação principal", a qual ficou encarregada de realizar o cálculo

dos ângulos. Para essa ação, foram utilizadas as equações 2 e 3, que fazem uso dos valores obtidos nos eixos X e Y:

$$\theta_x = \left(\frac{180}{\pi}\right) * \tan^{-1}\left(\frac{AcY}{\sqrt{(AcX^2 + AcZ^2)}}\right) \quad (2)$$

$$\theta_y = -\left(\frac{180}{\pi}\right) * \tan^{-1}\left(\frac{AcX}{\sqrt{(AcY^2 + AcZ^2)}}\right) \quad (3)$$

onde AcX e AcY são os valores obtidos no offset para o acelerômetro nos eixos X e Y, respectivamente.

Com os ângulos calculados, foi possível visualizar seus valores pelo monitor do software Arduino®. Entretanto, esses valores não condiziam com o esperado. A fim de resolver esse problema, fez-se necessária uma calibração do MPU 6050. Assim, foi utilizado um plano inclinado, o qual serviu de referência para a obtenção dos ângulos.

Após a obtenção dos valores, foi possível encontrar uma relação entre esses valores e, conseqüentemente, com a ajuda do software Microsoft Excel®, obter um gráfico com sua respectiva equação de conversão para o eixo X e Y:

$$\theta_x = 0,001x^2 + 0,9317x + 0,0597 \quad (4)$$

$$\theta_y = -0,0074y^2 + 1,2114y - 0,4949 \quad (5)$$

Onde θ_x e θ_y representam os ângulos de seus respectivos eixos.

Com o programa finalizado, foi confeccionado um sistema de alimentação para o Arduino®. Como os cabos possuíam pouco comprimento, utilizou-se a tecnologia Bluetooth®.

Segundo Affonso (2014), o Bluetooth® é um padrão que define um conjunto bastante extenso de protocolos para comunicação de curtas distâncias sem fio.

Com o sistema de alimentação pronto, a etapa seguinte foi a utilização do software LabView®. Segundo Ferlin e Newton (2014), este software utiliza uma linguagem de programação baseada em

diagramas de blocos, os quais realizam diversas operações, como soma e integrais, entre outras. De acordo com os estudos realizados por Kajiyama e Amaral (2014), este é um software de interface simples que possui ferramentas para o desenvolvimento de diversas aplicações, sejam de medições ou de controle.

Este software possui a capacidade de se comunicar com o Arduino® por meio de um módulo Bluetooth®, o qual é acoplado ao próprio Arduino®. A programação do LabView® leva em conta esse pareamento com o módulo Bluetooth®. Para que os valores sejam lidos conforme o desejado, é necessário utilizar os blocos de programação do próprio software, convertendo os caracteres recebidos em numerais, tornando possível sua leitura. Após a conclusão de toda a programação, foi inserido um visor próprio do LabView®, para facilitar a leitura dos dados.

Testes e resultados

O primeiro teste realizado foi a pesagem da bota com o sistema de amortecimento e o sistema de medição instalados. Com isso, obtivemos o valor de 1,18Kg de toda a estrutura (figura 5).



Figura 5 - Pesagem do sistema anterior em comparação com o novo peso obtido.

Em seguida, foram realizados testes com a órtese rígida e com a órtese com o sistema de amortecimento. Para fins de validação, o deslocamento dos ângulos foi medido em rampas de 5° , 10° e 15° .

As rampas que serviram para os testes foram avaliadas e medidas por meio de um aplicativo de celular (figura 6), que possibilita verificar a angulação e, se necessário, alterá-la.

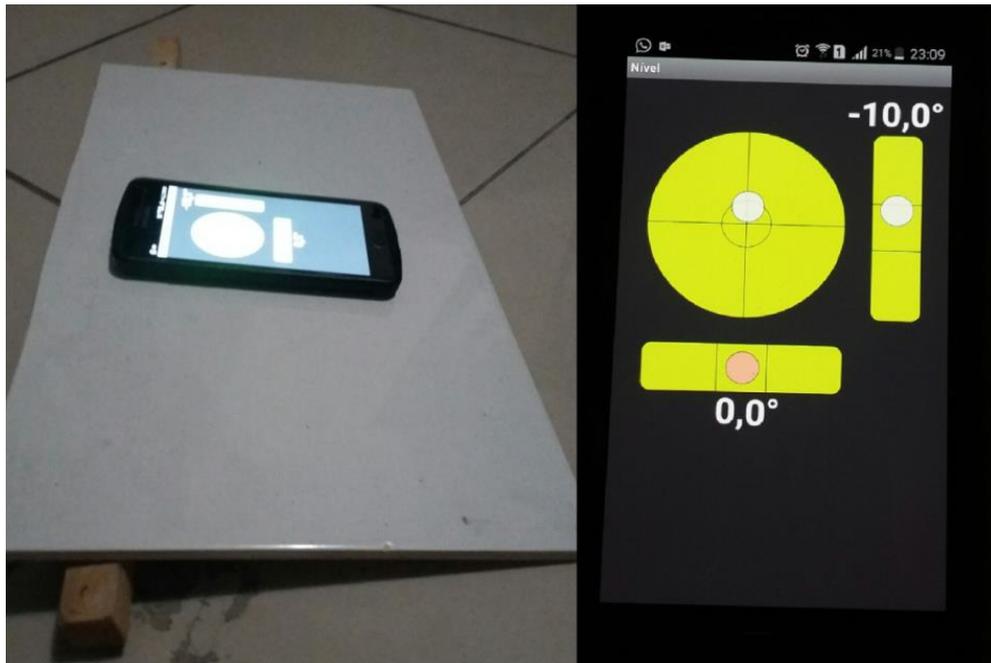


Figura 6 – Testes para verificar a angulação do plano.

Uma voluntária, com 1,63m de altura e 65 kg e sem nenhum tipo de incapacidade motora, participou da fase de testes para a coleta de dados. Foi realizada também a calibração dos ângulos no pé da voluntária. Para que esta calibração fosse possível, foi determinado que não houvesse nenhum movimento durante a calibração e que a voluntária se posicionasse em pé.

Ao contrário do projeto anterior, o qual fez uso de um acelerômetro no pé e outro na perna, foi utilizado apenas um acelerômetro acoplado à perna, já que é dispensável outro sensor acoplado ao pé porque o ângulo da parte inferior fica definido com a placa.

Teste com a órtese rígida em um plano de 10°

Para travar o movimento de inversão e eversão da órtese, foi utilizado um dispositivo acoplado às laterais, possibilitando a realização dos testes de órtese rígida, bloqueando os movimentos laterais.

Todos os dados obtidos foram salvos em um arquivo do Excel®, no qual foi possível a construção de um gráfico da angulação em função do tempo (figura 7).

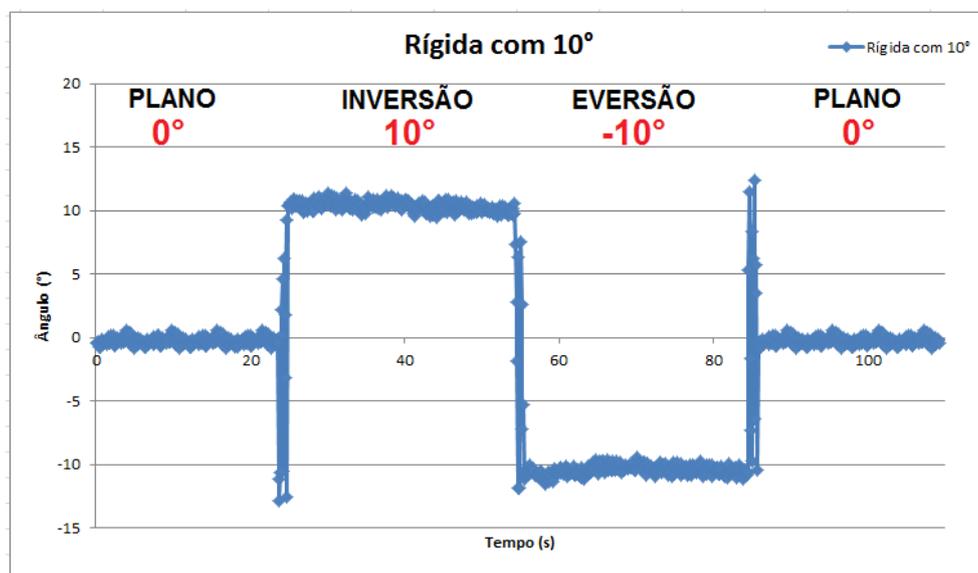


Figura 7 - Movimentação para testes da órtese rígida em um plano de 10°, estando a angulação em função do tempo.

Teste com amortecimento na órtese em um plano de 10°

Para a realização dos testes no plano inclinado de 10° com utilização do sistema de amortecimento, foi necessário retirar o dispositivo que realizava o travamento dos movimentos de inversão e eversão e realizar a instalação do sistema de amortecimento. Em seguida, foram iniciados os testes no plano de 10°, executando-se movimentos de inversão e eversão com o sistema de amortecimento. Os valores obtidos foram salvos no Excel® para a construção de um gráfico que esboçasse a movimentação e a angulação obtidas (figura 8).

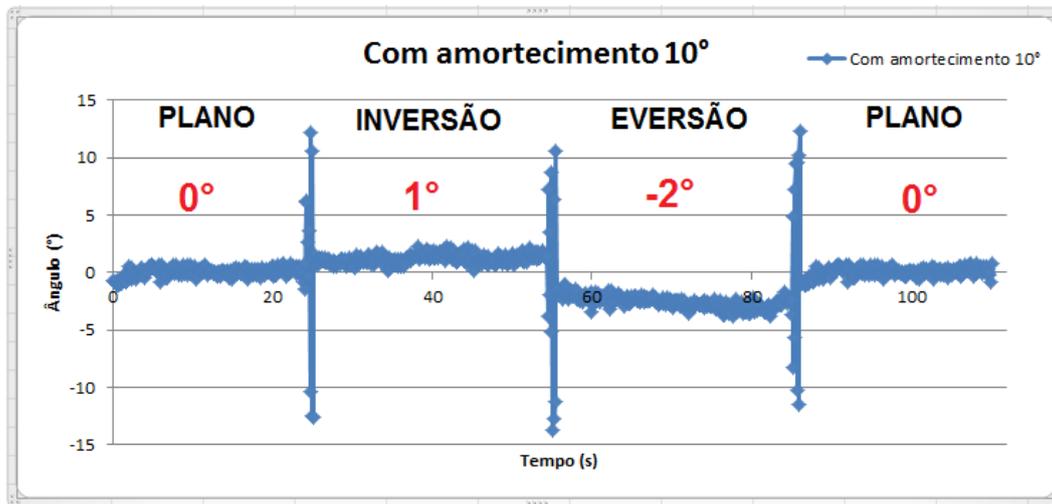


Figura 8 - Movimentação para testes da órtese com amortecimento em um plano de 10°, estando a angulação em função do tempo

Comparação entre o projeto anterior e o novo projeto

No projeto anterior, desenvolvido por Azzi (2013), foram realizados os mesmos testes com a órtese rígida e com a órtese com um sistema de amortecimento, os quais mediram a angulação no piso nos planos de 10°, tanto nos movimentos de inversão quanto nos de eversão, finalizando com a parada sobre o piso.

Após a comparação dos dados obtidos do projeto antigo com os do novo projeto, foram confeccionadas duas tabelas (5 e 6), nas quais os dados do antigo e os do novo projeto foram inseridos e comparados.

Primeiramente, foram comparados os valores obtidos com o plano. Em seguida, foram comparados os dados do plano de inversão e eversão com 10° e, por último, foram comparadas as variações entre esses resultados, que seriam a diferença entre o valor do plano e o valor da eversão, e a diferença entre o valor do plano e o valor da inversão.

Tabela 11: Comparação entre os resultados obtidos no movimento de inversão no plano de 10°

Inversão de 10°				
		Plano	Inversão 10°	Variação
Antigo	Perna rígida	5°	16°	11°
	Perna com amortecimento	8°	9°	1°
Novo	Perna rígida	0°	10°	10°
	Perna com amortecimento	0°	1°	1°

Tabela 12: Comparação entre os resultados obtidos no movimento de eversão no plano de 10°

Eversão de 10°				
		Plano	Eversão 10°	Variação
Antigo	Perna rígida	5°	-5°	10°
	Perna com amortecimento	8°	8°	0°
Novo	Perna rígida	0°	-10°	10°
	Perna com amortecimento	0°	-2°	2°

Os novos valores, ao serem comparados com os do projeto antigo, demonstraram a eficácia do novo projeto.

O valor obtido no plano, no que diz respeito ao novo projeto, foi de 0°, demonstrando que a calibração foi bem-sucedida, enquanto no projeto antigo o valor é obtido quando a pessoa fica em pé no plano de 5°, ao invés de 0°.

No plano de 10°, durante a eversão, verificou-se que, no projeto antigo, a variação entre o piso e o plano de 10° com a órtese rígida foi o mesmo valor do novo projeto, com variação de 10°. Já no mesmo plano de eversão de 10° com os sistemas de amortecimento, os valores diferiram em 2°. Assim sendo, no projeto antigo a variação foi de 0°, e no novo projeto, de 2°, reduzindo-se 80% da carga.

Com relação ao plano de 10° durante a inversão, a variação no projeto antigo entre o piso e o plano inclinado de 10° com a órtese rígida se mostrou semelhante aos valores obtidos no novo projeto. No projeto antigo, a variação obtida foi de 11° e, no novo projeto, foi de 10° . Comparando com os sistemas de amortecimento, constatamos que as variações obtidas nos dois projetos foram as mesmas, ambas variando apenas 1° , correspondentes a uma redução de 90% no novo projeto.

Considerações finais

Após a realização da pesagem, concluímos que o peso de todo o sistema, que antes era de 2,08 Kg, passou a ser de 1,18 Kg, ou seja, uma redução de 43% do peso total da estrutura. Com esta diminuição de peso, a locomoção do usuário será facilitada. No novo projeto, o sistema de amortecimento se mostrou eficaz. Nos movimentos de inversão, a variação angular absorvida pelo sistema foi de 90%, e nos movimentos de eversão, ela foi de 80%, comparando-se esses valores com os obtidos com a órtese rígida. Pode-se observar também uma melhora na calibração, com o ângulo do piso calibrado em 0° , fazendo com que as medições se tornem precisas e facilitando o entendimento na hora de visualizar a absorção da carga pelo sistema.

Referências

- ARAÚJO, M.V. *Membros inferiores com sistema eletrônico embarcado*. 2010. 96 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.
- ASM. *ASM Handbook: mechanical testing and evaluation*. 8. ed. Ohio, 2000.
- AZZI, A. *Desenvolvimento e análise de uma órtese com sistema de amortecimento do movimento de eversão e inversão do tornozelo-pé*. 2013. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Biomédica, Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, 2013.
- BENADUCCI, D.. *Nanocompósitos de poliamida 6,6 reciclada reforçados com nanofibras de celulose para aplicação em peças automotivas*. 2014. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014



- BIANCHI, A.J. *Processamento de áudio em tempo real em dispositivos computacionais de alta disponibilidade e baixo custo*. 2014. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência da Computação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- BRANCO, P.S.; TOMÁS, R.; CLÁUDIO, S. *Temas de reabilitação: ortóteses e outras ajudas técnicas*. Lisboa: Servier, 2008. 76 p.
- COSTA, R. V. *Desenvolvimento e análise da aplicabilidade de uma órtese tornozelo-pé durante a marcha de pacientes*. 2009. 118 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências da Reabilitação, Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2009.
- INVENSENSE. *MPU-6000 and MPU-6050 register map and descriptions*. 4. ed. California, 2012. 47 p.
- KAJIYAMA, A.H.; AMARAL, R.G. *Transmissão de dados sem fio para dispositivo de auxílio à marcha suspensa de tetraplégicos*. 2014. 97 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.
- FERLIN, A. G.; NEWTON, A.C.M. *Aplicação de transdutores no treinamento de marcha assistida para pacientes com lesões medulares*. 2014. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica com ênfase em eletrônica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.
- SILVA, J.R.A.. *Avaliação e Certificação de dispositivos protéticos e ortéticos para o membro inferior*. 2014. 72 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Biomédica, Universidade de Porto, Porto, 2014.
- SILVA, M.D.S. *Da ideia ao mercado: concepção e produção de órteses para o membro inferior*. 2014. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Biomédica, Universidade de Porto, Porto, 2014.
- TAMASHIRO, N.Y.. *Desenvolvimento e análise estática de uma prótese com sistema de amortecimento do movimento de eversão e inversão do tornozelo-pé*. 2013 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Biomédica, Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, 2013.