

ISSN 2237-2318

LINGUAGEM ACADÊMICA

Dossiê: Engenharias

Revista Científica do Claretiano – Centro Universitário

v. 7, n. 2, jan./jun. 2017

LINGUAGEM ACADÊMICA

Dossiê: Engenharias

Revista Científica do Claretiano – Centro Universitário



Reitoria / Rectorate

Reitor: Prof. Dr. Pe. Sérgio Ibanor Piva

Pró-reitor Administrativo: Pe. Luiz Claudemir Botteon

Pró-reitor Acadêmico: Prof. Me. Luís Cláudio de Almeida

Pró-reitor de Extensão e Ação Comunitária: Prof. Ms. Pe. José Paulo Gatti

Conselho editorial / Publish Committe

Prof. Dr. Alexandre Bonafim Felizardo (UEG)

Prof.^a Dra. Aleksandra Loiola Sarmiento (UNIMONTES)

Prof.^a Dra. Aline Sommerhalder (UFSCar-SP)

Prof. Dr. Antônio Donizetti Gonçalves de Souza (UNIFAL-MG)

Prof.^a Dra. Camila de Araújo Beraldo Ludovice (UNIFRAN)

Prof. Me. Carlos Alberto Marinheiro (CLARETIANO)

Prof.^a Ma. Carmen Aparecida Malagutti de Barros (CLARETIANO)

Prof.^a Dra. Carolina Kesser Barcellos Dias (UNIPel)

Prof. Dr. Christian José Quintana Pinedo (UFT)

Prof. Me. Dirceu Fernando Ferreira (IFTM)

Prof. Dr. Elvisney Aparecido Alves (CLARETIANO-SP e UNI-FACEF)

Prof. Dr. Everton Luis Sanches (CLARETIANO-SP)

Prof.^a Dra. Fatima Chechetto (UNESP)

Prof. Dr. Fernando Donizete Alves (UFSCar-SP)

Prof. Dr. Fernando de Figueiredo Balieiro (UNISEB)

Prof. Dr. Francisco de Assis Breda (CLARETIANO-SP)

Prof. Dr. Glauco Nunes Souto Ramos (UFSCar)

Prof. Me. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira (UNIMONTES)

Prof.^a Dra. Hilda Maria Gonçalves da Silva (UNESP)

Prof. Dr. José Augusto de Oliveira (UNESP)

Prof.^a Dra. Jussara Bittencourt de Sá (UNISUL)

Prof. Dr. Juscelino Pernambuco (UNIFRAN)

Prof.^a Dra. Maria Cecília de Oliveira Adão (CLARETIANO)

Prof.^a Dra. Maria de Lourdes Faria dos Santos Paniago (UFG)

Prof. Dr. Pedro Guilherme Fernandes da Silva (IFAL)

Prof. Dr. Renato Luis Tâme Parreira (UNIFRAN)

Prof. Me. Ricardo Boone Wotckoski (CLARETIANO)

Prof. Me. Rodrigo Ferreira Daverni (CLARETIANO)

Prof.^a Dra. Silvia Beatriz Adoue (UNESP)

Prof.^a Dra. Semíramis Corsi Silva (UFMS)

Prof. Dr. Stefan Vasilev Krastanov (UFMS)

Prof.^a Dra. Zenith Nara Costa Delabrida (UFS)

Informações Gerais / General Information

Periodicidade: semestral

Número de páginas: 128 páginas

Número de artigos: 9 artigos neste volume

Mancha/Formato: 20cm x 28cm

Os artigos são de inteira responsabilidade de seus autores

ISSN 2237-2318

LINGUAGEM ACADÊMICA

Dossiê: Engenharias

Revista Científica do Claretiano – Centro Universitário

Ling. Acadêmica	Batatais	v. 7	n. 2	p. 1-128	jan./jun. 2017
-----------------	----------	------	------	----------	----------------

© 2017 Ação Educacional Claretiana

Organizadores / Organization

Prof. Me. Rafael Menari Archanjo, Prof. Me. Sílvio Nunes do Santos e Prof. Me. Thiago Francisco Malagutti

Equipe editorial / Editorial team

Editor responsável: Prof. Me. Rafael Menari Archanjo

Equipe técnica / Technical staff

Normatização: Dandara Louise Vieira Matavelli

Revisão: Filipi Andrade de Deus Silveira e Vanessa Vergani Machado

Capa e projeto gráfico: Bruno do Carmo Bulgarelli

Direitos autorais / Copyright

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução, a transmissão total ou parcial por qualquer forma e/ou qualquer meio (eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação e distribuição na web), ou o arquivamento em qualquer sistema de banco de dados sem a permissão por escrito do autor e da Ação Educacional Claretiana.

Permuta / Exchange

Os pedidos de permuta devem ser encaminhados à Biblioteca da instituição:
periodico@claretiano.edu.br

Bibliotecária / Librarian

Ana Carolina Guimarães – CRB-8/9344

370 L727

Linguagem acadêmica: dossiê engenharia : revista científica do Claretiano – Centro Universitário – v.7, n.2, jan./jun. 2017) -. – Batatais, SP : Claretiano, 2017.
128 p.

Semestral.
ISSN: 2237-2318

1. Educação - Periódicos. I. Linguagem acadêmica : revista científica do Claretiano
- Centro Universitário.

CDD 370

Sumário / Contents

Editorial / Editor's note

ARTIGO ORIGINAL / ORIGINAL PAPER

Gestão da organização de saúde: estudo do clima organizacional em quatro unidades de urgência e emergência em uma cidade do Vale do Paraíba Paulista

Health organization management: organizational climate study in four urgent and emergency units in a city of the Vale do Paraíba Paulista

Redes, cadeias produtivas e responsabilidade social: o caso da indústria calçadista francana

Networks, productive chains and social responsibility: the case of the francana footwear industry

A importância do layout para o aumento da produtividade

The importance of the layout for increased productivity

Aplicação correta dos modelos volumétricos utilizando suta e fita métrica na medição do diâmetro de relação do fuste

Correct application of volumetric models using calipers and tape measure measuring the diameter of bole relationship

Desenvolvimento de uma interface para controle computadorizado do canhão de Gauss

Development of an interface for Gauss Cannon's computer control

Determinação da vida útil do pino do caracol do moedor de carne por análise de falha por fadiga de alto ciclo por elementos finitos dinâmicos

Determination of meat grinder worm thread shaft lifecycle under analysis of high-cycle fatigue failure by dynamic finite elements

Gestão do sistema de segurança do trabalho baseado na norma OHSAS e na NR-10

Occupational safety system management based on OHSAS standard and NR-10

Instalações elétricas em centro cirúrgico adotando o sistema IT Médico

Electrical installations in surgical center adopting the Medical IT System

TPM – “Total Productive Maintenance”: estruturação da manutenção planejada para o “Zero Quebra”

TPM – “Total Productive Maintenance”: structuring of planned maintenance to “ZeroBreaks”

Política Editorial / Editorial Policy

Editorial / *Editor's note*

Estimados Leitores,

A décima primeira edição da **Revista Linguagem Acadêmica** do Claretiano – Centro Universitário, oportunamente, chega no momento em que uma crise assombra nosso país, oriunda da falta de planejamento e auditorias públicas sobre nosso sistema político. Porém, em todo momento de crise, podemos destacar uma celebre frase: “É na crise que surgem as oportunidades”, e é em meio a essa crise que o Claretiano busca através de sua missão, levar educação há vários lugares do Brasil com o oferecimento de diferentes cursos, dando destaque, em especial, às áreas de Engenharia, que tem o objetivo de propor soluções e promover o crescimento de um país. Atualmente o Claretiano oferece cursos presenciais e a distância de Bacharelado em Engenharia de Produção, Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica, Engenharia Ambiental e Engenharia Mecatrônica, pelos quais percebemos a ampla área de ferramentas e soluções que esses cursos podem oferecer ao país.

Sendo assim, nesta edição da **Revista Linguagem Acadêmica – Dossiê: Engenharias**, encontramos uma ampla reflexão sobre as temáticas das engenharias em varias áreas do conhecimento. Os artigos abordam temas relevantes como a análise de custos e planejamento de operações que afetam diretamente as empresas, alternativas de combustíveis em face da preocupação mundial com o meio ambiente, proteção de descarga elétrica enfatizando a segurança dos trabalhadores, entre outros.

Com o desejo de buscarmos sempre a melhor solução mediante um determinado problema, proponho que reflita sobre estes artigos com intuito de ampliar seu conhecimento.

Boa leitura!

Prof. Me. Eng. Thiago Francisco Malagutti
Coordenador dos Cursos de Engenharia do Claretiano – Centro Universitário

Gestão da organização de saúde: estudo do clima organizacional em quatro unidades de urgência e emergência em uma cidade do Vale do Paraíba Paulista

Glauco Henrique MARINI¹

Edson Aparecido de Araújo Querido OLIVEIRA²

Resumo: Este estudo pretende contribuir para a compreensão do que ocorre com o clima organizacional em quatro unidades de urgência e emergência em uma cidade do Vale do Paraíba Paulista. Para levar a efeito, esta pesquisa foi submetida a uma ampla e profunda revisão bibliográfica sobre os temas que a literatura indicou como entradas para o clima organizacional. Dessa maneira, foi necessário pesquisar sobre o nicho em que as organizações pesquisadas estão inseridas, e, como consequência, investigou-se a saúde pública no Brasil e no mundo, verificando que se trata de uma questão social complexa. Por conseguinte, foi necessário compreender a estrutura dessa organização e o Sistema Único de Saúde (SUS). O sistema de saúde no Brasil sofre profundas interferências políticas, o que levou a pesquisar as formas de gestão das organizações públicas e privadas. Adentrando os temas que representam entradas para o clima organizacional, o estudo aprofunda-se nos temas: cultura organizacional, capital humano e intelectual, teorias da motivação e teorias e estilos de liderança, fazendo um foco no aspecto tradicional e no aspecto mais moderno desses temas. O clima organizacional, diante de todos os fatos que compõem o cenário de saúde pública no Brasil e no mundo, é prioridade dos gestores dessa área, logo, o comportamento e as diretrizes traçadas por esses gestores podem interferir de alguma forma na eficácia dos resultados. Após a revisão, a metodologia aplicada nesta pesquisa tratou o tema como um amplo estudo de caso envolvendo as unidades pesquisadas, o que permite tornar o caso parâmetro para organizações semelhantes. Aplicaram-se questionários de clima nas quatro UUEs, e estes foram posteriormente analisados e comparados. Os resultados mostraram que a pesquisa de clima é, antes de tudo, uma ferramenta importante para elevar o nível de excelência das organizações. O trabalho discute os principais autores e temas da revisão com a pesquisa de clima, e pode-se concluir que há muito o que melhorar e aprender com tudo o que foi estudado. Gestão é algo em constante mudança, e espera-se que este trabalho contribua positivamente e corrobore essas mudanças.

Palavras-chave: Gestão. Saúde Pública – SUS. Cultura Organizacional. Clima Organizacional.

¹ **Glauco Henrique Marini.** Doutorando em Administração pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). *E-mail:* <ghm.1972@gmail.com>.

² **Edson Aparecido de Araújo Querido Oliveira.** Pós-doutor em Gestão da Inovação Tecnológica – Área de Produção pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Doutor em Engenharia Aeronáutica e Mecânica – Área de Organização Industrial pela mesma instituição. Professor assistente da Universidade de Taubaté (UNITAU), onde também exerce a função de coordenador do Programa de Pós-graduação *Stricto e Lato sensu* em administração e pesquisador. É membro do Corpo de Especialistas do Conselho Estadual de Educação do Estado de São Paulo. *E-mail:* <cdi@fapesp.br>.

Health organization management: organizational climate study in four urgent and emergency units in a city of the Vale do Paraiba Paulista

Glauco Henrique MARINI

Edson Aparecido de Araújo Querido OLIVEIRA

Abstract: This study intends to contribute to the understanding of what occurs with the organizational climate in four “urgent and emergency units” in a city of the Vale do Paraiba Paulista. To take effect, this research was subject to a wide and deep literature review on the topics that literature indicated as inputs to the organizational climate. In this way, it was necessary to search about the niche in which the organizations surveyed are inserted a consequence to investigate public health in Brazil and in the world, noting that it is a complex social issue. Therefore, it was necessary to understand the structure of this organization and the unified health system (SUS). The health system in Brazil suffers profound political interference, the search forms of management of private and public organizations. Entered to the themes that represent inputs to the organizational climate, the study focuses on the topics: organizational culture, human and intellectual capital, theories of motivation and leadership styles and theories doing a traditional aspect and focus on the most modern of these themes. The organizational climate, before all the facts that make up the landscape of public health in Brazil and in the world, is a priority of managers in this area as soon as the behavior and the guidelines drawn by these managers can interfere in any way in the effectiveness of the results. After the review, the methodology applied in this thesis treated the subject as a comprehensive case study involving the units surveyed, allowing you to make the case a reference to similar organizations. Applied questionnaires four UUEs climate, these were subsequently analyzed and compared. The results showed that the survey is an important tool to raise the level of excellence of organizations. The work discusses the main authors and themes of the review with the climate and research it can be concluded that there is a lot to improve and learn from everything that was studied. Management is changing something it is hoped that this work will contribute positively and support these changes.

Keywords: Management. Public Health – SUS. Organizational Culture. Organizational Climate.

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se, há algum tempo, que a qualidade de vida e a saúde das pessoas são características impactadas por diversos fatores, e esses fatores podem fazer parte do ciclo de vida da população e podem ser perceptíveis ou não, como, por exemplo, as desigualdades sociais, segundo a *Organização Pan-Americana de Saúde* (OPAS) (apud BRASIL, 2009, p. 13). Outros fatores que impactam a qualidade de vida são: “[...] violência, desemprego, subemprego, falta de saneamento básico, habitação inadequada e/ou ausente, dificuldade de acesso à educação, fome, urbanização desordenada, qualidade do ar e da água”.

A OPAS ainda afirmou que “[...] o Brasil está entre os países de maior desigualdade social e, conseqüentemente, há iniquidades em saúde” (BRASIL, 2010, p. 14).

Diante desse cenário, faz-se política e socialmente necessário desenvolverem-se mecanismos de articulação entre os setores envolvidos na produção, incorporação e utilização de tecnologias nos sistemas de saúde para a otimização de todo o processo. As estratégias de produção de saúde devem articular as políticas e tecnologias acessíveis na contribuição da construção de ações que possibilitem responder às demandas e determinações sociais relacionadas à saúde (BRASIL, 2010).

A Segunda Guerra Mundial, um fato negativo na história da humanidade, foi, simultânea e paradoxalmente, um evento que acelerou o desenvolvimento científico e tecnológico, contribuindo de forma significativa para grandes descobertas na área da saúde e, conseqüentemente, para a saúde das populações, passando a ser considerada um direito, levando a efeito a expansão dos sistemas e programas de saúde das sociedades (BRASIL, 2010).

Slomski (2005, p. 35), em seu estudo, explicou que a esfera pública e “[...] as entidades públicas são instituições que geram produtos ou serviços que visam ao bem-estar da sociedade”, podendo ser entendidas como entidades públicas governamentais todas as que fazem parte do quadro da administração direta e indireta da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios, as autarquias e as fundações instituídas e mantidas pelo poder público. Por consequência, ainda segundo o autor, os cidadãos (contribuintes) podem ser equiparados a proprietários ou acionistas dessas entidades, podendo “cobrar” delas eficiência na utilização dos recursos públicos.

A utilização eficiente de recursos evoca a necessidade de estratégias e planos, temas que estão no contexto da gestão das organizações. Os gestores de uma organização buscam, continuamente, atuar de forma eficaz, trabalhando com indicadores e parâmetros que os ajudam a avaliar o desempenho econômico-financeiro de suas instituições. Corroboram uma boa gestão, além dos aspectos de sustentabilidade econômico-financeira, os aspectos motivacionais dos seres humanos envolvidos nos diversos processos da organização. Esses aspectos podem ser avaliados por um indicador de clima organizacional.

Faz-se necessária, ainda, a menção de aspectos fundamentais da gestão hospitalar, um dos alvos deste estudo. Pode-se avaliar a abrangência deste assunto devido ao cruzamento de temas sugeridos nesta pesquisa. Segundo Vendemiatti et al. (2010, p. 1302), “[...] as origens do sistema hospitalar, em seu perfil contemporâneo, remontam à Idade Média” e “[...] a gestão produz ordem e consistência através do desenvolvimento do planejamento, organização, controle e resolução de problemas”. Os autores ainda afirmam que, na relação entre líderes e liderados, há uma tendência paternalista nos líderes que gera falta de proatividade e passividade nos liderados, o que favorece aos liderados lidarem com situações imprevistas e incertas. Mas o que dizer sobre o clima organizacional nas entidades públicas de saúde?

Segundo Rizzatti (2002, p. 158), “[...] o clima organizacional é uma característica duradoura da cultura organizacional, e a cultura é uma característica da organização”. O clima organizacional, diante de todos os fatos que compõem o cenário de saúde pública no Brasil e no mundo, é prioridade dos gestores dessa área; logo, o comportamento e as diretrizes traçadas por esses gestores podem interferir de alguma forma na eficácia dos resultados para os seus *stakeholders* (partes interessadas).

Em um estudo de Silva (2009), a dimensão econômico-financeira do sistema de saúde no Brasil, bem como em outros países, impõe sérios problemas de sustentabilidade a esses sistemas. Segundo Pedroso e Malik (2011), com base em dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), a despesa com a saúde no mundo foi de, aproximadamente, 10% do PIB mundial em 2007, um valor estimado em U\$5,3

trilhões. Ainda segundo os autores, no Brasil, essa despesa representa 8,4%. Ao passo que há uma necessidade de contenção de custos, existe uma insaciável procura por cuidados de saúde gratuitos e uma crescente elevação dos padrões de qualidade exigidos pelo cidadão que tornam as reformas na saúde particularmente complexas, uma vez que a OMS projeta para o Brasil que, em 2050, 30% da população terá uma faixa etária avançada, justamente elevando os custos com a saúde.

O processo de mudança na estrutura organizacional objeto deste estudo se faz extremamente importante, o que, por consequência, induziu ao estudo do clima organizacional em quatro unidades de urgência e emergência em uma cidade do Vale do Paraíba Paulista.

Seja qual for a definição, na realidade, um processo de mudança é sempre difícil, porque envolve processos de comunicação e interações entre culturas e valores compartilhados entre as pessoas nas organizações que vivenciam esses processos. Chiavenato (2003, p. 524) aponta que surgem dois tipos de forças nas organizações em um processo de mudanças:

1. *As forças exógenas* provêm do ambiente, como novas tecnologias, mudanças em valores da sociedade e novas oportunidades ou limitações do ambiente (econômico, político, legal e social). Essas forças externas criam a necessidade de mudança organizacional interna.
2. *As forças endógenas* que criam a necessidade de mudança estrutural e comportamental provêm do próprio interior da organização em virtude da interação de seus participantes e das tensões provocadas por diferentes objetivos e interesses.

Ainda segundo Chiavenato (2003), podem ocorrer quatro tipos de mudanças nas organizações:

- *Mudanças estruturais*: impactam na criação, eliminação, fusão ou terceirização de departamentos ou divisões da organização.
- *Mudanças tecnológicas*: afetam a maneira como a organização conduz sua operação e produção ou até mesmo suas formas globais de comunicação.
- *Mudanças nos produtos e serviços*: influem diretamente nos resultados ou saídas de processos em uma organização.
- *Mudanças culturais*: levam a efeito mudanças no comportamento, nas atitudes, nas expectativas, nas aspirações e mesmo nas necessidades das pessoas.

Dessa forma, este estudo também explora aspectos do comportamento e liderança nas organizações.

Gestão

Segundo Miner (2006), as teorias não são úteis para se compreender fatos práticos da vida organizacional. Pensadores mais antigos, como Lewin (1945), entretanto, afirmam que “nada é tão prático como uma boa teoria”. Conforme o autor, a dificuldade reside no fato de que a maioria dos gestores não tem um conhecimento da aplicação prática de determinadas visões teóricas específicas. Ele afirma que existem dois tipos de teorias: uma denominada “indutiva”, que se constrói por meio de um conjunto de premissas e que, quando aplicada, leva a alguns desdobramentos que requisitam conceitos subsidiários, e uma segunda, denominada “dedutiva”, que se constrói a partir da observação – esse tipo de teoria reúne o que há de explicativamente melhor em termos de conhecimento em uma determinada área.

Ao se discorrer sobre a temática gestão, sem dúvida, não se deve deixar de considerar que o “estado da arte”, em termos de modelos de gestão, no Brasil, é representado por um modelo “teórico-prático” desenvolvido pela Fundação Nacional da Qualidade (FNQ), conhecido no mercado como Modelo de Excelência em Gestão MEG®.

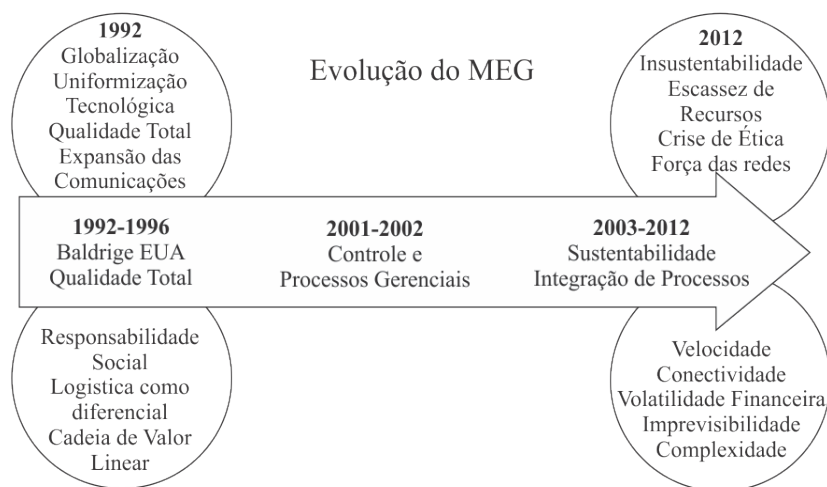
O MEG® reúne o que há de melhor dentro dessas duas visões sobre tipos de teoria explicados por Miner (2006). O melhor em termos de pensamento racional e pesquisa, que são as bases da teoria de-

ditiva, e o melhor da teoria indutiva, com base nos resultados obtidos nas implantações do modelo em diversos tipos de organizações que a FNQ dispõe na forma de Boas Práticas de Gestão.

A Figura 1 mostra a evolução do MEG[®]. Pode-se observar que o modelo brasileiro segue os padrões do modelo americano da Fundação Baldrige de Gestão da Qualidade Total, disseminadora do prêmio *Malcolm Baldrige National Quality Award*. Segundo a FNQ (2013), o modelo nacional passou por várias transformações, e, em 2001, essas mudanças implementaram certa “tropicalização” e originalidade ao modelo. Em cada ano seguinte, o modelo foi sendo aperfeiçoado pelo Núcleo de Estudos Técnicos de Excelência em Gestão da Fundação Nacional da Qualidade.

Em 2013, o MEG[®] incorporou conceitos de flexibilidade influenciado pelo modelo europeu da *European Foundation for Quality Management (EFQM)* (FNQ, 2013). Este tópico busca se basear na versão 2013 do caderno Critérios de Excelência, apresentado pela Fundação Nacional da Qualidade, havendo, por parte do autor, plena consciência da impossibilidade de expor todas as dimensões do MEG[®].

Figura 1. Evolução do Modelo de Excelência em Gestão Brasileiro.



Fonte: adaptado de Fundação Nacional da Qualidade (2013).

Pretende-se, no entanto, desenvolver uma noção do que significa “gestão” em seu sentido mais amplo, para que se possa contextualizar criticamente o que seja “clima organizacional”.

O MEG[®], segundo a FNQ (2013), é um modelo sistêmico, não prescritivo, que se adapta a todos os tipos de organização, preconizando, também, que o modelo está lastreado sobre conceitos fundamentais de gestão reconhecidos internacionalmente e estruturados em critérios e requisitos que exprimem a compreensão sobre desempenho encontrados em organizações classe mundial. Esses conceitos fundamentais, de acordo com a FNQ (2013), são descritos brevemente a seguir:

- 1) *Pensamento sistêmico*: aborda as relações de interdependência entre as partes que formam uma organização.
- 2) *Atuação em rede*: alude à cooperação entre organizações e/ou indivíduos com interesses comuns.
- 3) *Aprendizado organizacional*: retrata o aumento da competência organizacional por meio do compartilhamento de conhecimentos e experiências.
- 4) *Inovação*: versa sobre tornar a organização favorável à criatividade e à implantação de novas ideias.
- 5) *Agilidade*: concerne flexibilidade e rapidez de adaptação às mudanças, considerando os ciclos funcionais.
- 6) *Liderança transformadora*: remete à atuação da liderança, motivando as pessoas na organização.

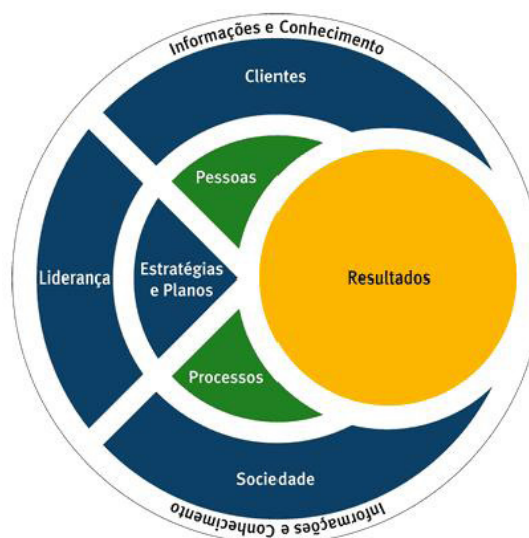
- 7) *Olhar para o futuro*: alude à projeção de cenários e à análise das tendências de mercado e seus efeitos sobre a organização.
- 8) *Conhecimento sobre clientes e mercados*: tange à interação com clientes e à criação de riqueza de forma sustentável.
- 9) *Responsabilidade social*: está relacionada à visão dos impactos das decisões e ações gerenciais sobre a sociedade e o meio ambiente.
- 10) *Valorização das pessoas e da cultura*: trata da criação de condições favoráveis ao desenvolvimento integral das pessoas.
- 11) *Decisões fundamentadas*: pertence ao campo da tomada de decisões a partir de experiências e informações corretas.
- 12) *Orientação por processos*: refere-se ao conjunto de atividades que agregam valor para os clientes.
- 13) *Geração de valor*: ocupa-se com os resultados socioeconômico-ambientais da organização, buscando a excelência.

A Figura 2 mostra o logotipo do MEG[®], destacando os seus oito critérios. Os critérios reúnem características mensuráveis qualitativa e quantitativamente, que, quando melhorados, levam a organização aos níveis de excelência desejados.

Seria possível perguntar por que uma organização deve aplicar um modelo de gestão? De acordo com a FNQ (2013), talvez um dos motivos principais seja que um modelo pode trazer motivação para os recursos humanos dos diversos setores da organização na tomada de decisões, das mais simples às mais complexas. Um modelo pode reforçar determinados valores importantes para a companhia, como o próprio valor de “valorizar as pessoas”. Um exemplo elegível e adequado de ser mencionado é o caso Serasa, ganhadora, por três competições consecutivas, do Prêmio Nacional da Qualidade (PNQ), e que tem como seu maior valor “as pessoas” que trabalham em sua organização.

Os oito critérios de excelência estão divididos em 23 itens de avaliação, e estes, por questões ou solicitações específicas que representam requisitos de excelência, que, uma vez respondidos, não prescrevem, mas direcionam para um *modus operandi* presente nas organizações ditas de classe mundial (FNQ, 2013).

Figura 2. Critérios de Modelo de Excelência em Gestão.



Fonte: FNQ (2014).

Voltando ao caso Serasa, para Mimori (2008), o critério “Pessoas” do MEG® tem uma dimensão tão ampla e fundamental no Serasa que a organização criou um personagem denominado “Ser Serasa” – em outras palavras, o Serasa valoriza o ser humano em seu sentido *lato* e *stricto*. Identificar o colaborador com o termo “ser” antecedendo o nome da organização deixa explícito que o Serasa possui uma diretriz de condução humanista de seus negócios.

Uma abordagem mais específica da gestão, explorando aspectos da gestão pública, será feita no próximo tópico.

2. GESTÃO PÚBLICA

Castro e Castro (2014, p. 34) apresentam, em sua obra, um panorama histórico da evolução da gestão pública no Brasil. Essas autoras citam que, mesmo em meio ao regime militar de 1964, período um tanto complexo para o Brasil, “o governo vigente buscou introduzir valores gerenciais aos órgãos estatais, editando o Estatuto da Reforma Administrativa, Decreto-Lei nº 200/1967, que possuía como elementos centrais o planejamento, a coordenação, a descentralização administrativa, a delegação de poderes e o controle”.

Ainda segundo as autoras supracitadas, o governo fez uma divisão, na administração pública, em gestão direta e indireta, definindo novos rumos baseados na legalidade, moralidade, impessoalidade, publicidade, eficiência, razoabilidade e motivação. Segundo elas, a descentralização representa um paradoxo, uma vez que a reforma administrativa engendrada pelo governo da época possuía fortes elementos de estruturação baseados na administração burocrática.

De acordo com Castro e Castro (2014), em 1995, iniciou-se uma nova reforma administrativa com o amparo da Emenda Constitucional nº 19, de 13 de junho de 1998, por meio de um plano denominado “Avança Brasil”. Essa nova reforma, ainda segundo Castro e Castro (2014, p. 42), tinha como características principais:

- 1– Obter valores para os cidadãos;
- 2– Gerar transparência e responsabilidade;
- 3– Compreender e aplicar normas, melhorar continuamente os processos;
- 4– Separar serviços e controle. Apoiar as normas;
- 5– Orientar-se para os resultados;
- 6– Focar no cidadão;
- 7– Lutar contra o nepotismo e a corrupção;
- 8– Evitar procedimentos rígidos;
- 9– Definir indicadores de desempenho; e
- 10– Flexibilizar as relações de trabalho.

Pode parecer inverossímil, mas essas características faziam parte da reforma de 1995. A diretriz de “melhorar continuamente os processos” está presente nas normas ISO 9000 editadas em 2004, o que leva a refletir se o Programa Avança Brasil não antecipou, em quase dez anos, as diretrizes de uma norma internacional geralmente aplicada ao setor privado.

Brudeki e Bernardi (2013) discorrem sobre a estrutura organizacional da administração pública. Esses autores afirmam que é senso comum que a administração pública seja vista apenas como o poder executivo, entretanto, todo o aparato estatal compõe o poder do Estado e, conseqüentemente, a administração pública.

Segundo Garcia e Araújo (2012), a administração pública direta consiste nos serviços integrados a estrutura administrativa. Em âmbito federal, refere-se à Presidência da República e aos ministérios. Em âmbito estadual, refere-se ao Governo do Estado e às secretarias do Estado. E, em âmbito municipal, refere-se ao gabinete do prefeito e secretarias municipais.

Ainda de acordo com Brudeki e Bernardi (2013), a administração pública indireta consiste nas concessões, ou, em outras palavras, na permissão dada a determinados organismos para que estes realizem a prestação de serviços específicos essenciais, como, por exemplo, serviços de transporte, energia, água e esgoto, entre outros.

Foi mencionado que a administração ou gestão pública se baseia nos princípios de legalidade, moralidade, impessoalidade, publicidade, eficiência, razoabilidade, motivação, etc. Por meio de Garcia e Araújo (2012), explica-se, brevemente, cada um desses princípios:

- *Princípio da legalidade*: significa que a lei é quem determina o que deve ser feito e como os cidadãos devem agir.
- *Princípio da moralidade*: trata-se da componente ética, objetivando o bem comum.
- *Princípio da impessoalidade*: significa que a gestão pública trata de forma indistinta todos os que estão na mesma situação jurídica.
- *Princípio da publicidade*: significa que todas as ações na gestão pública são de conhecimento geral. Sobre este princípio, Brudeki e Bernardi (2013) alertam que deve estar em consonância com o princípio da impessoalidade.
- *Princípio da eficiência*: visa garantir a comunidade usando os mesmos recursos – serviços de melhor qualidade em menor tempo.
- *Princípio da razoabilidade ou proporcionalidade*: objetiva o uso do bom senso em estabelecer limites em suas ações discricionárias.
- *Princípio da motivação*: significa que as ações do estado devem ser justificadas de forma fundamentada.

Complementando os princípios apresentados, Brudeki e Bernardi (2013) sugerem, ainda, os princípios de isonomia e tutela:

- *Princípio da isonomia*: significa igualdade, ou que todos são iguais perante a lei.
- *Princípio da tutela*: define que a gestão pública pode anular ou revogar seus próprios atos.

Seria possível adicionar a esses princípios a visão de Philippi Jr., Sampaio e Fernandes (2012), que ensinam que, no campo científico dos estudos organizacionais, o termo “sustentabilidade” vem sendo muito abordado a partir de diversos pontos de vista. O termo tem um significado mais atrelado à solvência financeira ao longo do tempo. Entretanto, está cada vez mais comum ele ser associado a outros temas, gerando conceitos totalmente novos, como o de sustentabilidade social. Os autores definem “sustentabilidade social” como o conjunto de ações que têm como objetivo melhorar a qualidade de vida da população.

Erkens (2010, p. 12-18) afirma que a gestão pública utilizou um modelo gerencial denominada “administração burocrática”, que se assemelha à gestão clássica usada no setor privado. Esse modelo se mostrou inflexível e se tornou obsoleto com a aceleração do desenvolvimento tecnológico e com a globalização econômica mundial.

De acordo com Chiavenato (2012), o gestor planeja para o futuro, realiza isso extrapolando o presente e projetando para frente; o processo de planejamento está voltado para o futuro sempre. Para o autor, o processo de planejamento tem seis etapas:

- 1) *Definir objetivos*: refere-se à questão do que se pretende alcançar.
- 2) *Verificar a situação atual em relação aos objetivos*: alude a uma análise sobre a posição atual e o que é necessário ser feito.
- 3) *Desenvolver premissas quanto às condições futuras*: ocupa-se dos cenários esperados dos planos em operação e da geração de cenários alternativos.
- 4) *Analisar alternativas de ação*: são os famosos “planos de contingência”.

- 5) *Escolher um curso de ação dentre várias alternativas*: remete à ideia de escolha sóbria da melhor alternativa para a solução dos problemas.
- 6) *Implementar o plano e avaliar os resultados*: significa realizar o que foi determinado no plano e avaliar rigorosamente seus resultados.

Outro processo presente na administração clássica e na pública é o processo de organizar. Segundo Chiavenato (2012, p. 356), “[...] organizar é estruturar e integrar os recursos e os órgãos administrativos estabelecendo relações entre eles”. Isso tem forte relação com o conjunto de operações ou tarefas atribuídas às pessoas, com a linha de autoridade estabelecida na organização, com a estrutura de responsabilidades, com o controle e com a estrutura de comunicação, que facilita a coordenação de toda essa estrutura.

Por fim, a função do controle, segundo Cochrane (2003, p. 7), é “[...] indispensável para acompanhar a execução de programas e apontar suas falhas e desvios; zelar pela boa utilização, manutenção e guarda dos bens patrimoniais”.

Segundo Chiavenato (2012), o processo de controle estabelece três fases:

- 1) A determinação de padrões de resultados, que se desdobram em padrões quantitativos, qualitativos, temporais e padrões de custos.
- 2) A avaliação e mensuração de desempenho, comparando os fatos com os padrões previamente estabelecidos.
- 3) As ações corretivas para corrigir eventuais desvios.

Conforme Cochrane (2003), é justamente no processo de controle que ocorrem diferenças de procedimentos no âmbito da gestão pública. Para maior regulação dos gastos públicos, o Estado estabelece um controle externo e interno, todos respaldados na Lei nº 4320/64, em seus Artigos de 75 a 82. O controle externo é exercido pelo Poder Legislativo e Tribunal de Contas da União. Já o controle interno é exercido pelo próprio órgão perpetrador das decisões.

Mesmo o processo de planejamento no âmbito da gestão pública pode exigir participação de colaboradores e/ou quicá de municípios.

Outro fato que difere a gestão clássica da gestão pública é a ação reguladora para alguns processos de aquisição e contratação de serviços. Todos os serviços que envolvem aquisição, alienações, locações, contratação de obra, devem passar de acordo com a Lei Federal nº 8666, de junho de 1993, por licitação pública (CHIAVENATO, 2012).

Esse *modus operandi* da máquina do Estado pode levar a problemas sociais, algumas vezes surgindo pela passividade e omissão do Estado e, outras vezes, pelas morosidades burocráticas que as soluções sofrem indistintamente.

Queiroz (2012) ensina que, para que um problema social ou demandas da sociedade receba atenção dos órgãos de gestão pública e passe a figurar como prioridade do governo ou de instituições públicas que fomentem políticas públicas, deve ganhar importância e ter capacidade de pressionar ou barganhar com o poder vigente. A formação de políticas públicas é resultado de um jogo entre atores que interagem em situações diversas. Deve-se ver, portanto, os programas governamentais destinados à solução ou eliminação de problemas sociais como um grande processo. Dessa forma, uma política pública nasce por meio de um processo deliberatório.

As teorias motivacionais modernas e a Teoria Nudge

Kanfer, Chen e Pritchard (2008) afirmam que *motivação* são os processos psicológicos que determinam a direção, intensidade e persistência das ações dentro de um fluxo contínuo de experiências que caracterizam a pessoa em relação ao seu trabalho. O Quadro 1 sintetiza algumas dessas teorias motivacionais modernas:

Quadro 1. Principais teóricos e teorias motivacionais modernas.

Teórico	Teoria	Síntese
Clayton Alderfer (1940–)	Teoria ERG (Existência, Relação e Crescimento*) *Growth	Alderfer revisa a Teoria de Maslow desfazendo a visão de que as necessidades superiores são satisfeitas apenas quando o forem as inferiores. Alderfer reordena a pirâmide de Maslow. Em sua visão as necessidades mais básicas (biológicas e fisiológicas) se associam à existência. A necessidade de relacionamento social e de estima tem ligação como relação e necessidade de auto realização se alinham com crescimento.
Edwin Locke (1938–)	Teoria da Definição de Metas	Locke descobriu por meio de pesquisa de campo que há uma relação forte entre motivação e o cumprimento de uma meta complexa e específica. Para motivar há 5 princípios na definição de Metas: (1) Clareza. (2) Desafio. (3) Compromisso. (4) Qualificações. (5) Complexidade de tarefas.
Burrhus Skinner (1904-1990)	Teoria do Reforço da Motivação	Skinner é o criador do chamado Behaviorismo Radical. Para Skinner o indivíduo precisa ser estimulado, estes estímulos são o que Skinner chamou de reforços positivos ou negativos.
J. Stacy Adams (1925-1965)	Teoria da Equidade	Adams partiu das teorias de Maslow e Herzberg para desenvolver a teoria da equidade. A teoria da equidade afirma que os fatores sutis e variáveis afetam a percepção e avaliação de cada indivíduo e sua motivação. A teoria de Maslow se aplica a um indivíduo e de Adams a indivíduos e grupos. A ideia central da teoria de Adams é o senso de justiça individual ou grupal. O indivíduo ou grupo irá julgar entradas (O que dispendo para este trabalho?) e saídas (O que ganho com este trabalho?).

Fonte: adaptado de Latham (2007, p. 85).

Richard Thaler e Cass Sunstein, com base no trabalho dos psicólogos israelenses Daniel Kahneman e Amos Tversky, desenvolveram uma teoria chamada Teoria Nudge. Essa teoria faz foco principalmente sobre o que influencia a escolha das pessoas. A Teoria Nudge é uma abordagem radicalmente diferente e mais sofisticada, com o objetivo de provocar mudança nas pessoas, mais eficaz que os métodos tradicionais de instrução direta, aplicação, punição (KANFER; CHEN; PRITCHARD, 2008).

A Teoria Nudge usa uma profusão de heurísticas e terminologias para provocar e compreender as mudanças e, dessa forma, motivar as pessoas. O Quadro 2 dá uma visão geral dessas terminologias:

Quadro 2. Visão geral das terminologias e heurísticas usadas na Teoria Nudge.

Ajustamento	Usar um fato conhecido ajustando-o para estimar ou decidir sobre algo desconhecido.
Disponibilidade	Quanto maior a visibilidade, conhecimento, maior a frequência percebida (muitas vezes bem diferente da realidade). Esta heurística é muito influenciada pelos meios de comunicação de massa.
Representatividade	Qual a relação ou semelhança entre algo pensado e um estereótipo? As pessoas tendem frequentemente em fazer suposições.
Otimismo	Tendência a subestimar os custos, prazos, desafios e excesso de estimativa de recompensas e a facilidade de coisas desconhecidas.
Medo da Perda	A tendência das pessoas austeras em criar uma resistência em dar qualquer tipo de concessão ao fazer mudanças. As pessoas não gostam de perder a posse das coisas, independentemente do seu real valor/importância.
Viés da inércia	Tendência das pessoas em ficarem comprometidos com situações atuais, com receio de mudar. Viés da “inércia” também é causado por preguiça, aversão à complexidade etc.
Concepção	Apresentação ou orientação de informação que altera a sua natureza percebida. Isso inclui positiva acentuação/negativo, justaposição, associação ou muitas outras maneiras de distorcer a atratividade/ou não atratividade de alguma coisa.
Tentação	Avidez, incapacidade de esperar a gratificação. As pessoas são naturalmente inclinadas às recompensas de curto prazo, e contra as recompensas de longo prazo.
Ignorância	Tendência das pessoas em formar opiniões e tomar decisões sem se concentrar, ou mesmo por negligência ignorar as questões reais.
Autocontrole	Estratégias usadas pelas pessoas para combater suas próprias fraquezas.

Conformidade	Necessidade de afirmação, evitando risco/constrangimento, seguir a maioria, ter medo do isolamento etc.
Efeito Spot Light	As pessoas tendem a sobre-estimar a visibilidade/significado de suas próprias decisões e ações. Isso produz pressões inúteis sobre o pensamento e pode facilmente influenciar a tomada de decisão.
Visão	Ponto de vista ou sentimentos pessoais evidenciando preparo ou despreparo diante de situações novas.
Qualificações	As pessoas estão abertas ao <i>feedback</i> e à reflexão antes de decidir, ou pensar nas decisões tomadas, antes de novas decisões.

Fonte: adaptado de Thaler e Sunstein (2008).

Thaler e Sunstein (2008) comentam que as pessoas usam, em seus comportamentos, valores regras de ouro, dos quais, sem deixar de observar a ética, poderiam se desviar. A Teoria Nudge adota uma série de estratégias de intervenção não ortodoxas para gerar inquietações e reflexões para mudanças. O Quadro 3 mostra as intervenções sugeridas pela teoria comparadas às intervenções tradicionais.

Quadro 3. Estratégia de intervenções utilizadas pela Teoria Nudge.

Intervenção tradicional “forçada”	Intervenção moderna “Nudge”
A Intervenção é direta, óbvia.	A intervenção é indireta, sutil.
Abordagem com base em regras, leis.	Abordagem com base na capacitação, facilitação.
Realiza juízos de valor	Não realiza julgamentos
Requisita fiscalização, policiamento.	Disponibiliza ajuda, assistência
Reforça a ênfase	Reforça a interpretação
Define prazos	Não define prazos define compromisso
Usa um viés adequado qualquer	Usa a neutralidade
Usa informação controlada	Permite a compreensão
Utiliza a instrução, direção.	Utiliza a educação, informação.
Usa adulação	Trabalha com exemplo, evidência.
Encorajamento	Referenciando atividade de pares
Usa penalizações por descumprimento	Usa autodescoberta, heurísticas.
Escolhas forçadas, imposição.	Livre escolha
Opções dicotômicas	Opções ilimitadas
Pressão	Sem pressão
Paternalista, pai-filho.	Sem paternalismo, apoia a equidade.
Usa verdade seletiva	Abertura, nada retido.

Fonte: adaptado de Thaler e Sunstein (2008).

Thaler e Sunstein (2008) comentam que algumas tarefas são simples, outras, difíceis. Escolher o tratamento para uma doença é uma escolha complexa, é uma decisão difícil, com dois níveis. Primeiro, é improvável que o paciente saiba desses procedimentos e, segundo, é improvável que seja capaz de imaginar sua vida se ficar debilitado. No entanto, aqui estão dois fatos assustadores sobre este cenário: em primeiro lugar, a maioria dos pacientes quer decidir o curso de ação a ser tomada na pausa da reunião de diagnóstico médico; em segundo lugar, a opção de tratamento que escolher depende fortemente do especialista médico que estiver disponível. Comparada a uma decisão simples, as opções de tratamento médico ilustram o conceito de mapeamento. Um bom sistema ajuda as pessoas a melhorarem a sua capacidade de mapear e, conseqüentemente, selecionar as melhores opções. A maneira mais eficaz de fazer isso será disponibilizar informações mais compreensíveis. As pessoas adotam estratégias diferentes para fazer escolhas dependendo do tamanho e da complexidade das opções disponíveis. Se o conjunto de opções for grande, devemos usar estratégias alternativas, e isso pode também representar problemas.

Outra variável de entrada que impacta o clima organizacional é o estilo de liderança. No próximo tópico, é apresentada uma introdução a esse tema.

Clima organizacional

Após a Primeira Guerra Mundial, segundo Witzel (2012), Meyer Bloomfield (1878-1938) começou a ganhar visibilidade como líder na gestão de pessoas, principalmente na área de orientação profissional. Bloomfield abriu caminho para a moderna gestão de recursos humanos, tornando-se um precursor das relações humanas no trabalho, podendo-se afirmar que as pesquisas com o tema “clima organizacional” se iniciaram com o nascimento da Teoria das Relações Humanas.

A Teoria das Relações Humanas é um conjunto de conceitos administrativos com lastro na compreensão do trabalho humano, dos sentimentos humanos e da formação de grupos. Surge a partir da experiência Hawthorne, entre 1927 e 1933, em meio à grande depressão de 1929. Elton Mayo e Fritz Roethlisberger concluíram, por meio da Hawthorne, que as componentes psicológicas presentes nos seres humanos impactavam nos resultados e que, nas organizações, a integração e o comportamento social dos trabalhadores eram os responsáveis pelos aumentos nos índices de produtividade (WITZEL, 2012; MAYO, 2003).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Primeiramente pode-se afirmar que a pesquisa atingiu os objetivos preconizados nos itens 1.3.1 e 1.3.2. Foi possível se perceber a ansiedade e inquietações geradas nos funcionários que trabalham terceirizados e por vias não-CLT com a pesquisa de clima realizada nas *Unidades de Urgência e Emergência* em uma cidade do Vale do Paraíba Paulista.

Quanto aos objetivos específicos concluiu-se por meio da pesquisa de clima que o fator de maior ansiedade dos colaboradores é a segurança.

As principais sugestões dos colaboradores identificadas por meio da pesquisa de clima são:

- 1) *Registro em carteira*: cuja falta representa um ponto de insatisfação e desmotivação corroborando os estudos realizados na revisão bibliográfica estas características (insatisfação e desmotivação) reduzem a produtividade dos recursos humanos nas organizações.
- 2) *Mais mão de obra*: para auxiliar em processos de alta demanda e críticos.

REFERÊNCIAS

- ADECCO. *The next decade's talent war*. Geneva: Adecco, 2008.
- ALLES, M. *Desarrollo del talento humano: basado en competencias*. Buenos Aires: Granica, 2005.
- ALVESSON, M.; SVENINGSSON, S. *Changing organizational culture cultural change work in progress*. New York: Taylor & Francis e-Library, 2008.
- AMELUNG, V. E. *Healthcare management managed care organisations and instruments*. Verlag Berlin Heidelberg: Springer, 2013.
- ANCONA, D.; BRESMAN, H. *X-Teams: how to build teams that lead, innovate, and succeed*. Boston: Harvard Business School Press, 2007.
- ASHKANASY, N.; WILDERON, C.; PETERSON, M. *Handbook of organizational culture and climate*. 2. ed. San Francisco: Jossey-Bass, 2011.
- BALZAC, S. R. *Organizational development*. The McGraw-Hill 36-Hour Course series. New York: McGraw-Hill, 2011.
- BEECHLER, S.; WOODWARD, I. C. The global “war for talent”. *Journal of International Management*, Nova York, n. 15, 2009. Disponível em: <http://bwl.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/lehrstuhl_ind_en_uw/lehre/ss11/Sem_Yuri/JIM-talent.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2015.
- BUENO, H. *Pesquisa de clima organizacional: mais que técnica, um ato de coragem*. 2008. Disponível em: <http://www.coachingonline.com.br/artigos/rh_04.shtml>. Acesso em: 1 maio 2015.

- BISPO, C. Um novo modelo de pesquisa de clima organizacional. *Produção*, v. 16, n. 2, p. 258-273, maio/ago. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/prod/v16n2/06>>. Acesso em: 1 jun. 2015.
- BIRRI, R. *Human capital management: ein praxiserprobter Ansatz für ein strategisches talent management*. 2. ed. Zürich: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014.
- BITTAR, O. J. et al. (Coord.). *Rede hospitalar no Estado de São Paulo: mapear para regular*. São Paulo: SES/SP, 2011.
- BORGES, L. O.; MOURÃO, L. *O trabalho e as organizações: atuações a partir da Psicologia*. São Paulo: Artmed, 2013.
- BOSTON CONSULTING GROUP. *The future of HR: key challenges through 2015*. Dusseldorf: Boston Consulting Group, 2007. Disponível em: <<https://www.bcg.com/documents/file15033.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2015.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. *Time series analysis: forecasting and control*. San Francisco: Holden-Day, 1976.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Temático Promoção da Saúde IV*. Brasília/DF: Organização Pan-Americana da Saúde. Painel de Indicadores SUS, 2009. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/painel_indicadores_sus_promocao_saude.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2014.
- _____. Ministério da Saúde. *Para entender o controle social na saúde*. Ministério da Saúde, Conselho Nacional de Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2013. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/biblioteca/livros/Manual_Para_Entender_Control_Social.pdf>. Acesso em: 10 out. 2015.
- _____. Conselho Nacional de Secretários de Saúde. *Debate – Caminhos da Saúde no Brasil*. Conselho Nacional de Secretários de Saúde. Brasília: CONASS, 2014. Disponível em: <<http://www.conass.org.br/biblioteca/pdf/CONASS%20Debate%20N2.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2014.
- _____. Ministério da Saúde. *Política Nacional de Gestão de Tecnologias em Saúde*. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2010. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica_nacional_gestao_tecnologias_saude.pdf>. Acesso em: 10 out. 2015.
- BRUDEKI, N. M.; BERNARDI, J. L. *Gestão de serviços públicos municipais*. Curitiba: Intersaberes, 2013.
- CASTRO, A. C.; CASTRO, C. O. *Gestão Pública Contemporânea*. Curitiba: Intersaberes, 2014.
- CHIAVENATO, I. *Administração geral e pública*. 3. ed. Barueri: Manole, 2012.
- _____. *Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações*. 7. ed. São Paulo: Elsevier, 2003.
- COCHRANE, T. M. C. *A importância do controle interno na administração pública brasileira e a contribuição da contabilidade como principal instrumento de controle na busca da eficiência da gestão pública*. In: IX CONVENÇÃO DE CONTABILIDADE DO RIO GRANDE DO SUL, 2003. Disponível em: <www.gestaofinancaspublicas.ufc.br/artigo_cont_publica_Teresinha_Maria_Cavalcanti_Cochrane_Integra.doc+&ccd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 24 out. 2016.
- ERKENS, R. (Org.). *Nova gestão pública*. São Paulo: Instituto Friedrich Naumann, 2010.
- FNQ. Fundação Nacional da Qualidade. *Crerios de excelência*. 20. ed. São Paulo: Fundação Nacional da Qualidade, 2013.
- GARCIA, R.C., ARAÚJO, J. M. Os princípios da administração pública no sistema jurídico brasileiro. *Âmbito Jurídico*, Rio Grande, v. 15, n. 96, jan. 2012. Disponível em: <www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?artigo_id=11022&n_link=revista_artigos_leitura>. Acesso em: 24 out. 2016.
- KANFER, R.; CHEN, G.; PRITCHARD, R. D. *Work Motivation: past, present, and future*. New York. USA: Routledge. Taylor & Francis Group. 2008.
- LATHAM, G. P. *Work motivation: History, theory, research, and practice*. Foundations for organizational science. London: UK. Sage Publications. 2007.
- LEWIN, K. The Research center for group dynamics at Massachusetts Institute of Technology. *Sociometry*, v. 8, n. 2, p. 126–135, maio 1945. Disponível em: <<http://anothersample.net/the-research-center-for-group-dynamics-at-massachusetts-institute-of-technology>>. Acesso em: 14 out. 2016.
- MAYO, E. The human problems of an industrial civilization. *The Early Sociology of Management & Organizations*, v. 6, 2. ed. New York: Taylor & Francis e-Library, 2003.

- MIMORI, E. K. Planejamento e comunicação na serasa. *Comunicação & Gestão em Saúde - Debates GV Saúde*, n. 5, p. 10-14, jan./jun. 2008. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/debatesgvsauade/article/download/23463/22225>>. Acesso em: 12 jun. 2015.
- MINER, J. B. *Organizational behavior I. Essential theories of motivation and leadership*. New Ed edition. Armonk. New York. Paperback. 2006.
- PEDROSO M. C., MALIK A. M. *As quatro dimensões competitivas da saúde*. Harvard Business Review, 2011. Disponível em: <<http://www.hbrbr.com.br/materia/quatro-dimensoes-competitivas-da-saude>>. Acesso em: 10 out. 2014.
- PHILIPPI JR, A.; SAMPAIO, C. A. C.; FERNANDES, V. *Gestão de natureza pública e sustentabilidade*. São Paulo: Manole, 2012.
- QUEIROZ, R. B. *Formação e gestão de políticas públicas*. Curitiba: Intersaberes.2012.
- RIZZATTI, G. *Categorias de análise de clima organizacional em universidades federais brasileiras*. 2002. 307f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/84206>>. Acesso em: 24 out. 2016.
- SILVA, A. *A utilização da informação contabilística no hospital-empresa Português*. Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria. VIII CONGRESSO GRUDIS, Portugal, 2009.
- SLOMSKI, V. *Controladoria e governança na gestão pública*. São Paulo: Atlas.2005.
- THALER, R. H.; SUNSTEIN, C. R. *NUDGE improving decisions about health, wealth, and happiness*. New Haven: Yale University Press. 2008.
- WITZEL, M. *A history of management thought*. New York: Routledge, 2012.
- VENDEMIATTI, M. et al. Conflito na gestão hospitalar: o papel da liderança. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 15, supl. 1, p. 1301-1314, 2010. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/csc/v15s1/039.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2014.

Redes, cadeias produtivas e responsabilidade social: o caso da indústria calçadista francana

Elvisney Aparecido ALVES¹

Resumo: O presente artigo interpreta a responsabilidade social empresarial como um fenômeno contemporâneo pertinente ao conhecimento necessário para a gestão da produção. Nesse sentido, o desempenho social de uma cadeia produtiva deve considerar a contribuição coletiva dos agentes produtores. Por meio do exemplo verificado na produção de calçados em Franca-SP, percebe-se que a cooperação interorganizacional em prol do comportamento socialmente responsável, articulada por meio da criação do Instituto Pró-Criança, enfrenta grandes desafios para alavancar um maior engajamento do empresariado local. A natureza dos negócios e a configuração da rede de empresas deixam evidentes as restrições impostas pela realidade da dimensão econômica, limitando a iniciativa de poucos que estimulam a ação social empresarial. Para avançar na direção de uma nova etapa do apoio empresarial calçadista francano ao movimento pró-criança, muitos pequenos e micros produtores ainda precisam compreender a importância da função social da produção.

Palavras-chave: Responsabilidade Social. Cadeia Produtiva. Instituto Pró-Criança.

¹ **Elvisney Aparecido Alves.** Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Mestre em Administração pelo Centro Universitário Municipal de Franca (UNI-FACEF). Bacharel em Ciências Econômicas pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Bacharel em Administração pelo Claretiano – Centro Universitário. *E-mail:* <elvisney@terra.com.br>.

Networks, productive chains and social responsibility: the case of the francana footwear industry

Elvisney Aparecido ALVES

Abstract: This article interprets corporate social responsibility as a contemporary phenomenon relevant to the knowledge necessary for the management of production. In this sense, the social performance of a production chain must consider the contribution collective producer agents. Through the example found in the production of footwear in Franca-SP recognized that cooperation in organizational support of socially responsible behavior, articulated through the creation of the Office Pro-Child, faces major challenges to leverage a greater engagement of the local business community. The nature of business and the configuration of the network of companies no longer evident the restrictions imposed by the reality of the economic dimension, limiting the initiative of few that stimulates social action. To move toward a new stage of corporate support shoe industry francano to pro-child, many small and micro producers still need to understand the importance of the social function of production.

Keywords: Social Responsibility. Production Chain. Office Pro-Child.

1. INTRODUÇÃO

A questão da responsabilidade social da empresa vem ganhando imenso destaque nos meios de comunicação em geral, bem como no meio acadêmico, como nunca antes existiu em nossa sociedade. Na atualidade, os argumentos clássicos defendidos por Friedman (2000), valorizando tão somente o retorno do capital e os direitos dos proprietários, não se sustentam. Desconsiderar os interesses de terceiros e os efeitos sobre a comunidade que se relaciona com a organização é uma ação politicamente incorreta e pode ser desastrosa do ponto de vista estratégico. Contudo, a função social da produção, nem sempre vista como tarefa a ser requerida das empresas, ainda está longe de ser claramente reconhecida por muitas delas.

Segundo Duarte e Dias (1986), somente no final dos anos 1970, as ideias de responsabilidade social da empresa começaram a chegar aos países periféricos, o que coincide com a crise dos anos 1980. Essa conjuntura econômica desfavorável prejudicou, temporalmente, uma construção mais efetiva da percepção da responsabilidade social pelas empresas no Brasil. É nessa direção que a empresa, na década de 1980, está mais preocupada consigo mesma do que em exercer um papel realmente ativo na área de interesse social. No caso brasileiro, é somente na segunda metade dos anos 1990 que as empresas e a sociedade passam a perceber a responsabilidade social da empresa como um tema merecedor de maior atenção.

Na década de 1980, o empresariado brasileiro via, essencialmente na função do Estado, uma clara obrigação de suporte social às necessidades da população carente, inclusive para aqueles que fossem seus funcionários. Segundo uma pesquisa realizada por Tomei (1984), na opinião dos pequenos e médios empresários, a principal responsabilidade social do empresário é gerar empregos. Já para os grandes empresários, uma posição mais ativa, de bom cidadão na condução dos negócios e de liderança social, deve ser considerada, visando assegurar a defesa de seus interesses diante da direção em que a sociedade está se mobilizando. Numa conjuntura de crise, primeiramente, importa a sobrevivência da própria empresa, o que implica posicionar a responsabilidade social da empresa num plano secundário de importância.

Ademais, é somente na última metade da década de 1980 que se inicia o processo de redemocratização da nação brasileira. Após o aprendizado inicial de elaboração da nova Carta Magna, a Constituição Federal de 1988, seguido da primeira eleição direta no país, em 1989, o Brasil reinicia sua caminhada tardia na recuperação da cidadania esquecida. Portanto, é nos anos 1990 que a liberdade de expressão e um maior nível de consciência social vai sendo construído no país, a partir da manifestação das forças sociais que passam a modelar um novo ordenamento institucional.

Paralelamente, no espaço da produção, a mundialização do capital, capitaneada pelos benefícios da evolução tecnológica (microeletrônica e programação em computadores), permite uma automação flexível das estratégias de produção mundial das empresas, com aprofundamento no processo de divisão do trabalho, operacionalizando uma complexa rede de empresas especializadas dentro da mesma companhia ou de empresa prestadora de serviços (CHESNAIS, 1996). Essa mudança na forma de organizar a empresa exige uma reação local em sintonia com o sistema total, mas isso não implica dizer que o modelo do fordismo tenha sido de todo eliminado, ao contrário, ambos os modelos, o velho e o novo, convivem na mesma dimensão social.

Uma nova lógica lentamente vai tomando conta da filosofia de gestão empresarial e exige sua adaptação parametrizada pelas novas regras de competição mundial: maior eficiência produtiva e interação social e ambiental. Em nosso estudo de caso, a primeira metade dos anos 1990 foi muito conturbada para a indústria de calçados brasileira, particularmente no caso do segmento industrial localizado na cidade de Franca, Estado de São Paulo. Dois temas relativos à organização do trabalho marcaram a erupção do tema da responsabilidade social empresarial naquela localidade: a terceirização de parte da produção e o uso do trabalho infantil. Esse último, claramente interligado ao primeiro, chamou a atenção nacional e internacional mediante as denúncias publicadas na mídia jornalística e televisiva nos anos de 1994 e 1995.

Ao propormos a interpretação do fenômeno da responsabilidade social empresarial no contexto dos negócios calçadistas de Franca-SP, demonstramos a importância desse conhecimento cada vez mais

necessário para a gestão da produção. Para tanto, apoiaremos nossa análise em material bibliográfico elaborado por terceiros, complementada por pesquisa de campo própria, visando compreender como a natureza dos negócios e a conformação da rede de empresas impactam as possibilidades de governança da responsabilidade social no Instituto Pró-Criança.

2. RESPONSABILIDADE SOCIAL DAS EMPRESAS CALÇADISTAS DE FRANCA

Embora a manifestação de responsabilidade social da empresa seja um fenômeno recente, sua evolução não deixa dúvidas de que é uma filosofia que vai penetrando os modelos de gestão empresarial, independentemente do tamanho da empresa. Cada vez mais empresas procuram explorar esse conceito, no sentido de manterem-se firmes e atuantes no mercado. No meio empresarial, o resultado da pesquisa Ação Social das Empresas do Sudeste, levada a cabo pelo Instituto de Pesquisas Econômicas e Aplicadas (IPEA, 2000), constatou que 67% do universo das empresas pesquisadas da região Sudeste (em 1998) praticaram algum tipo de ação social voltada para a comunidade, e 63% delas em benefício dos seus empregados.

Em todas as regiões do país, a pesquisa do IPEA (2000, n.p.) apontou para a evolução das ações sociais dirigidas para seus empregados. Mas a questão que queremos ressaltar aqui deve levar em consideração as constatações deste estudo, afirmando que “[...] o tamanho das empresas é uma das variáveis que mais influi no seu comportamento”. Assim, na medida que “[...] crescem as empresas, cresce a participação”. Ou seja, empresas menores realizam menos em termos de contribuição para o desenvolvimento e prática da responsabilidade social.

Formal e modernamente conceituada pelo Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável (*World Business Council for Sustainable Development* – WBCSD), em 1998, na Holanda, a responsabilidade social corporativa está assim entendida: “[...] o comprometimento permanente dos empresários com comportamentos éticos e com o desenvolvimento econômico. A saber: melhorar a qualidade de vida dos empregados e de suas famílias, bem como da comunidade local e da sociedade como um todo” (SROUR, 2000, p. 198). Ashley (2002, p. 6) reforça, definindo responsabilidade social “[...] como o compromisso que uma organização deve ter para com a sociedade, expresso por meio de atos e atitudes que a afetem positivamente, de modo amplo, ou a alguma comunidade, de modo específico”, justificando uma atuação de maneira proativa e coerente com seu papel de destaque na sociedade contemporânea.

De forma abrangente, define-se: “Responsabilidade social empresarial é uma forma de conduzir os negócios que torna a empresa parceira e corresponsável pelo desenvolvimento social”, portanto, “A empresa socialmente responsável é aquela que possui a capacidade de ouvir os interesses das diferentes partes [...] e conseguir incorporá-los ao planejamento de suas atividades, buscando atender às demandas de todos, não apenas dos acionistas ou proprietários” (ETHOS, 2005, n.p.). Fica explícito que uma empresa socialmente responsável deve estar consciente do seu papel na sociedade, procurando satisfazer os interesses de diferentes públicos. Posto dessa forma, revela o comprometimento da organização com a sociedade.

Do ponto de vista do complexo produtivo, concordamos com Aligleri, Aligleri e Souza (2003), ao argumentarem que o desempenho social corporativo depende da responsabilidade social adotada ao longo de toda a cadeia produtiva. As demandas dos *stakeholders* devem ser consideradas parte das obrigações sociais das empresas para favorecer o desenvolvimento regional. Os autores argumentam, baseados em Carroll (1979), que um dos critérios de responsabilidade social corporativa é seu caráter discricionário relacionado aos programas sociais implementados pelas empresas, visando contribuir com a comunidade e melhorar a qualidade de vida das pessoas.

Portanto, a noção de responsabilidade social empresarial adotada reconhece os argumentos citados e compartilha com Keith Davis (apud ASHLEY, 2002) a percepção de que a empresa é responsável por custos sociais (externalidades negativas) decorrentes de suas atividades. Alves (2001) elaborou um valioso exemplo da comparação entre uma empresa cidadã e outra empresa oportunista, empregando trabalho infantil. A utilização do trabalho infantil produziria uma visível vantagem nos custos da empresa

oportunista em relação à empresa cidadã, considerando que ambas tenham o mesmo nível de eficiência técnica na produção. Porém, ao considerar o custo social, a vantagem comparativa da firma oportunista é eliminada. Esse exemplo é particularmente relevante em nossa análise, pois, no espaço social da produção de calçados francanos, manifestou-se a utilização de trabalho infantil.

O uso da mão de obra infantil não é novidade na história do trabalho humano nem da produção de calçados. Nos tempos atuais, Veiga (1998, p. 14) chama nossa atenção para o fato de que, até o final dos anos 1980, o trabalho infantil era um tema “quase desconhecido” e que, nos anos 1990, “[...] os programas de ação em defesa da criança e do adolescente entraram na agenda política dos governos nacionais e de instituições internacionais e tornaram-se campanhas de mobilização de sindicatos e organizações não governamentais”, bem como impactaram diversas empresas, no sentido de modificarem sua postura.

No âmbito da indústria calçadista, Navarro (2003, p. 149) retrata que, “se o trabalho infantil integrou a história da produção de calçados em Franca quando, em sua origem, as crianças eram empregadas nas oficinas de calçados como aprendizes”, foi nos anos 1980, com a consolidação do trabalho caseiro das costuradeiras, que se “[...] reintroduziu e ampliou o consumo dessa força de trabalho [trabalho infantil] através do trabalho a domicílio, que assume características familiares, ou seja, passa a envolver todos os membros da família”, inclusive os filhos menores. Piccinini, Antunes e Faria (1997, p. 233), numa análise do movimento sindical dos sapateiros francanos, explicitam a participação do trabalho infantil na cadeia produtiva local, dizendo: “[...] uma pesquisa feita pelo Dieese e pelo sindicato, patrocinada pelo Unicef, aponta a exploração de aproximadamente 5 mil crianças nas ‘bancas’ de sapato (STIC-Dieese-CUT, 1994) em empresas domiciliares prestadoras de serviço”.

A percepção da responsabilidade social da empresa, do ponto de vista das relações internas, recebe o impacto mais profundo da modificação no padrão de organização da produção mundial. A flexibilidade no processo de produção em escala mundial resulta no avanço dos níveis de desemprego e precarização das condições (trabalho assalariado sem carteira ou por conta própria) e das relações (desregulamentação, contratos temporários e cooperativas irregulares) do trabalho.

Contraditoriamente, a manifestação da responsabilidade social das empresas, no âmbito das relações com seus fornecedores ou prestadores de serviços (às vezes, antigos contratados), é resultado do impacto desse fenômeno de flexibilização das relações de trabalho dado pelo novo paradigma da produção capitalista a nível mundial, que, a partir da abertura da economia brasileira na década de 1990, se intensifica no país. O caso da indústria calçadista francana não é exceção.

Ao enfrentarem o desafio de combater o trabalho infantil, parte das empresas fabricantes de calçados de Franca e seus fornecedores perceberam que o problema social não podia ser tratado isoladamente pelas empresas, mas dependia de uma solução coordenada entre os diversos atores na cadeia produtiva, dada sua relação de interdependência. Nas palavras de Chesnais (1996, p. 121): “A competitividade de cada companhia, tomada isoladamente, possui uma dimensão sistêmica ou estrutural: é uma expressão dos atributos do contexto produtivo, social e institucional do país”. No entanto, algumas características estruturais da cadeia produtiva do calçado influenciam o movimento de adoção da responsabilidade social pelas empresas locais. A eficiência social daquela produção está atrelada à disputa econômica.

3. CARACTERÍSTICAS DA CADEIA PRODUTIVA FRANCANÁ

O estudo prévio dos elementos presentes na cadeia produtiva de calçados em Franca possibilitará uma útil reflexão sobre a compreensão dos mecanismos de governança das relações entre as empresas que tomaram forma dentro desse sistema de produção e influenciaram na sua capacidade de percepção da responsabilidade social empresarial. Por “sistema de produção”, o conceito de Storper e Harrison, comentado por Suzigan, Garcia e Furtado (2003, p. 68), define-se como “[...] a estrutura de coordenação que se forma a partir das interações que se dão ao longo das cadeias de suprimento, em que se verificam relações verticais e horizontais entre as firmas”, destacando que mercado ou hierarquias fortes podem exercer o comando de tais relações comerciais.

Buscando definir uma terminologia mais adequada, Vendrameto (2002, p. 65) propõe que “o termo cadeia produtiva representará uma segmentação dentro da rede produtiva, orientada e diretamente ligada”, e esclarece que “[...] a rede produtiva da carne, couro e calçado, contempla, entre outras cadeias produtivas, a da pecuária, do leite, da carne, do couro e do calçado”. Na interpretação de Dantas, Kertsnetzky e Prochnik (2002, p. 37), “cadeia produtiva é um conjunto de etapas consecutivas pelas quais passam e vão sendo transformados e transferidos os diversos insumos”, o que possibilita compreender que “[...] cada etapa [da cadeia produtiva empresarial] representa uma empresa (ou um conjunto de poucas empresas, que participam de um acordo de produção)”.

Ao tratarmos do mecanismo de governança das relações empresariais socialmente responsáveis do sistema de produção no *cluster* calçadista de Franca, é preciso estabelecer a importância das diferentes forças que dominam a comercialização do produto, segundo o tipo de mercado que se pretende atingir. Na avaliação de Suzigan, Garcia e Furtado (2003), a inserção da indústria de calçados de Franca nos mercados consumidores mundiais dá-se de forma subordinada aos grandes compradores internacionais: as redes de varejo dos EUA e Europa. Os autores utilizam a expressão “quase-hierarquia” para situar o poder de barganha e a intensidade de comando na cadeia produtiva global da indústria de calçados que é exercida por esses agentes internacionais, que controlam o acesso aos grandes mercados consumidores internacionais.

Nesse caso, segundo os mesmos autores (SUZIGAN; GARCIA; FURTADO, 2003, p. 71-73), os produtores do *cluster* calçadista francano estão reclusos à esfera da produção, incorporando “[...] melhorias importantes em termos de tecnologia de processo, qualidade dos produtos e prazos de entrega”, transmitidas e comandadas pelos compradores internacionais. Assim, os produtores “[...] não conseguem avançar sobre outros ativos que conferem valor às mercadorias”, tais como “[...] desenvolvimento de produto e o estabelecimento de ativos comerciais próprios (marca, canais de comercialização e distribuição)”. O conceito e o modelo do calçado a ser produzido, bem como o “próprio preço”, são comandados pelo comprador. Na avaliação de Vendrameto (2002, p. 70), a cadeia produtiva de calçados “[...] acumula competência com produtos de qualidade mundial, fabricando produtos para empresas de marca estrangeira, que são vendidos em mercados sofisticados, sem que haja nenhuma referência ao lugar e por quem foi produzido”. Ou seja, a forma de governança das relações de trocas voltadas para a exportação é imposta de fora sobre os produtores que estão dentro do *cluster*, criando um ambiente econômico que imprime um acirrado nível de competição entre eles.

O mercado interno é mais representativo em valores monetários e pares de calçados/ano que o mercado externo, mas é o segmento de atuação das muitas empresas de tamanho pequeno e médio, além de atrair parte da produção das grandes empresas. Mas, na perspectiva de Suzigan, Garcia e Furtado (2003, p. 73), dada a complexidade e heterogeneidade das empresas na estrutura da cadeia produtiva de calçados, “grande parte das MPMEs [micro, pequena e médias empresas] locais, com importantes exceções, é incapaz de dominar funções corporativas superiores”, impedindo-as, também, de maior apropriação do valor adicionado na produção.

Ao analisar o *cluster* produtor de calçados de Franca, Britto e Albuquerque (2001, p. 41) encontraram alta densidade no número de firmas de calçados, 708 firmas no total, associadas a um menor tamanho médio dos estabelecimentos se comparado às outras localidades produtoras de calçados, afirmando que “[...] o maior número de empresas concentra-se nas faixas de menor tamanho”. De 0 a 49 funcionários, estão 88,6% dos estabelecimentos, e, acima de 500, estão apenas 0,9% dos estabelecimentos. Amato Neto (2000) registrou, junto ao Sebrae de Franca, em 1998, que, dentre 390 empresas fabricantes de calçados, 365 (quase 94%) são micros e pequenas empresas, 15 (3,8%) são de porte médio e apenas 10 (2,5%) são consideradas grandes. Suzigan et al. (2001, p. 286) calculam que “[...] o tamanho médio dos estabelecimentos produtores de calçados de couro de Franca é de 13,1 empregados”.

Amato Neto (2000) também comenta que a modernização tecnológica do setor ocorre de forma restringida dentro do processo produtivo, beneficiando algumas etapas de produção (a modelagem e o corte). Para o autor, as barreiras técnicas à entrada na indústria de calçados continuam relativamente baixas, o que confere maior relevância às barreiras não técnicas (diferenciação de produto no *design* e nas técnicas de comercialização). Numa pesquisa realizada em 1998 junto ao Sebrae regional de Franca,

constatou-se que a grande maioria das empresas (pequenas e médias) utilizava equipamentos antigos. Britto e Albuquerque (2001) classificam o nível de sofisticação tecnológica como baixa. Vendrameto (2002) também entende que a cadeia de calçados apresenta fraca base tecnológica. Isso cria a percepção de que há facilidade de imitação dos produtos, valorizando a concorrência via preços.

A cadeia produtiva da indústria de calçados francana pode ser visualizada dentro das características de forte pressão competitiva existente entre as empresas, conferindo ao poder de mercado certo papel de destaque. Um grande número de produtores, principalmente de pequeno porte, distribuídos ao longo da cadeia produtiva industrial local, concorre na busca por diferentes modelos de calçados e menores custos de produção. A concorrência via preços dos produtos diferenciados acaba sendo um forte elemento para a sobrevivência da firma, principalmente quando os modelos de sapatos podem ser facilmente copiados. Devemos reconhecer que as barreiras tecnológicas à entrada na indústria são baixas. É nesse quadro que as denúncias sobre utilização de trabalho infantil exigem responsabilidade social do setor.

4. AS EMPRESAS ASSOCIADAS AO INSTITUTO PRÓ-CRIANÇA

O Instituto Empresarial de Apoio à Formação da Criança e do Adolescente – Pró-Criança (IPC) foi criado em novembro de 1995 para dar conta da tarefa desafiadora de combater o trabalho infantil da cadeia produtiva calçadista francana, considerando a responsabilidade social restrita ao grupo de empresas associadas ao instituto. A intermediação dos interesses dos empresários foi articulada por meio da reação conjunta dos próprios agentes produtores, por iniciativa do Sindicato da Indústria de Franca (SINDIFRANCA) e do apoio das outras duas entidades patronais, a ACIF e a Delegacia Regional do CIESP.

Ao analisar o perfil dos atores desse movimento, podemos constatar que a maioria dos membros está diretamente ligada à cadeia produtiva de calçados. No documento “Programa de Prevenção e Erradicação do Trabalho Infantil no Setor Calçadista: uma estratégia técnica para combater o trabalho infantil”, elaborado quando da criação do IPC, existe o registro de que “[...] 41 [quarenta e um] empresários calçadistas, responsáveis por aproximadamente 70% da produção de calçados da cidade”, se associaram como membros no instituto.

Levando-se em consideração que, naquele mesmo documento fonte, era apontado um quadro geral da existência de cerca de “[...] 400 indústrias de calçados e 3.000 prestadores de serviço”, o IPC contava, na sua fundação, 10% do total de empresas fabricantes na cadeia produtiva de calçados francana. O tamanho relativamente pequeno em número de associados no instituto, diante do número total de produtores na cadeia produtiva de calçados francana, não guarda a mesma proporção quanto ao poder econômico e influência social de seus membros.

Do total inicial levantado de 53 empresas pioneiras, 6 (seis) empresas eram ligadas ao setor calçadista, empresas fornecedoras de insumos (materiais secundários) para a produção, e outras 16 eram classificadas como de fora do setor calçadista. As empresas fabricantes do setor calçadista totalizaram 31 unidades na fundação do IPC. Dessa forma, não foi possível comprovar que existiam 41 empresas do setor calçadista registradas na fundação do IPC, conforme demonstrará a Tabela 1.

Passados dez anos, em 2005, o número de fábricas associadas permanecia quase no mesmo patamar. Quando analisamos o perfil em tamanho dessas fábricas associadas, seguindo a classificação do SINDIFRANCA, constatamos: 29% são de grande porte; 26% são de médio porte; 29% são de pequeno porte; e 16% são de porte micro. Desse total, 77% delas são exportadoras, na seguinte proporção: 100% das fábricas de grande e médio porte; 56% das fábricas de pequeno porte; e 40% das fábricas de porte micro. O que chama nossa atenção é a preponderância de participação das exportadoras e a ausência de pequenas e micros empresas. Atualmente (dados atualizados em dezembro de 2015), houve apenas uma nova baixa no grupo das fábricas e o número de associados parece estar estabilizado.

Tabela 1. Variação no número de membros do IPC.

Descrição	Fábricas		Fornecedores		Outros/ME		Geral	
	Ano	Total	Ano	Total	Ano	Total	Ano	Total
Associados Pioneiros: 1995/96	31	31	6	6	16	16	53	53
Associados Novos em 1997	3	34	6	12	0	16	9	62
Associados Novos em 1998	2	36	0	12	0	16	2	64
Associados Novos em 1999	0	36	0	12	0	16	0	64
Associados Novos em 2000	-8	28	-1	11	-11	5	-20	44
Entraram	2		5		0		7	
Saíram	-10		-6		-11		-27	
Associados Novos em 2001	1	29	0	11	0	5	1	45
Associados Novos em 2002	2	31	-5	6	0	5	-3	42
Associados Novos em 2003	1	32	-1	5	8	13	8	50
Saldo de Associados em 2005*	-1	31	4	9	-4	9	-1	49
Saldo de Associados em 2015**	-1	30	0	9	0	9	-1	48

* Listagem de jan./2006.

** Listagem de dez./2015.

Fonte: Dados fornecidos pelo IPC até 2003. Elaborado pelo autor.

Dessa forma, o grande desafio que permanece diz respeito ao avanço no número de participantes de fabricantes de calçados e seus fornecedores, bem como de outros segmentos empresariais da sociedade local. A proposta das entidades da classe patronal francana demonstra-se relativamente positiva para a transformação da realidade social de inúmeras crianças e adolescentes, porém, ainda existe muito espaço para expandir esse programa privado e explorar novas iniciativas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao considerarmos que a ação empresarial mantém relações de interdependência com seus pares de uma mesma cadeia produtiva, tanto a ação econômica quanto social coordenada pela rede de empresas carrega consigo maiores chances de sucesso para os fins propostos. O setor calçadista francano foi alvo de graves denúncias nacionais e internacionais sobre a utilização de trabalho infantil na sua cadeia produtiva, principalmente nas bancas prestadoras de serviços, e até hoje ecoam novos relatos. Mas a percepção da responsabilidade social empresarial também avançou nessa localidade com a criação do Instituto Pró-Criança (IPC).

Por meio da imprescindível coordenação política das entidades da classe patronal local, parte das empresas fabricantes de calçados e seus fornecedores assumiram responsabilidades e ações sociais. Se comparado ao número total de estabelecimentos produtores de calçados naquele município, o número de associados ao instituto ainda tem muito espaço para expandir-se. A estrutura de organização industrial relativa ao perfil das empresas naquela localidade, o grande número de concorrentes de porte pequeno e médio, bem como as limitações das empresas em apropriar-se de maior parte do valor agregado, estabelecem um padrão competitivo que limita a participação empresarial no IPC.

A despeito do acirrado nível de competição no setor calçadista, a pressão social exigiu outra postura das empresas francanas. Um grupo de empresas locais reuniu-se para fazer oposição às práticas irresponsáveis de utilização do trabalho infantil. O Instituto Pró-Criança é fruto de uma articulação estratégica das entidades patronais diante da fragilidade verificada na responsabilidade social das empresas do setor calçadista francano. A percepção da responsabilidade social empresarial começou a ser despertada, e o mundo social local passou a perceber as transformações decorrentes da reação empresarial para lidar com esse problema. Enquanto algumas poucas empresas fabricantes de calçados e seus prestadores de serviços permanecerem ajudando a construir outra realidade socialmente mais justa, há esperança de que mais empresas despertem e se juntem nesse esforço.

REFERÊNCIAS

- ALIGLERI, L.; ALIGLERI, L. M.; SOUZA, M. J. A responsabilidade social corporativa na cadeia de produção e sua contribuição ao desenvolvimento regional. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXIII, 2003, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: ABEPRO, 21-24 out. 2003.
- ALVES, L. E. S. Governança e cidadania empresarial. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 41, n. 4, p. 78-86, out./dez. 2001.
- AMATO NETO, J. *Redes de cooperação produtiva e clusters regionais: oportunidades para as pequenas e médias empresas*. São Paulo: Atlas: Fundação Vanzolini, 2000.
- ASHLEY, P. A. (Org.) *Ética e responsabilidade social nos negócios*. São Paulo: Saraiva, 2002.
- BRITTO, J.; ALBUQUERQUE, E. M. Estrutura e dinamismo de clusters industriais na economia brasileira: uma análise exploratória a partir de dados da RAIS. In: TIRONI, L. F. (Coord.). *Industrialização descentralizada: sistemas industriais locais*. Brasília: IPEA, 2001. p. 17-52.
- CHESNAIS, F. *A mundialização do capital*. São Paulo: Xamã, 1996.
- DANTAS, A.; KERTSNETZKY, J.; PROCHNIK, V. Empresa, indústria e mercados. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Orgs.). *Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 23-42.
- DUARTE, G. D.; DIAS, J. M. A. M. *Responsabilidade social: a empresa hoje*. Rio de Janeiro; São Paulo: LTC: Fundação Assistencial Brahma, 1986.
- FRIEDMAN, M. The social responsibility of business is to increase its profits. In: DIENHART, J. W. *Business, institutions, and ethics: a text with cases and readings*. New York: Oxford University Press, 2000.
- HARVEY, D. *Condição pós-moderna*. 9. ed. São Paulo: Loyola, 2000.
- INSTITUTO ETHOS DE EMPRESAS E RESPONSABILIDADE SOCIAL. *Ethos: perguntas frequentes*. Disponível em: <<http://www.ethos.org.br>>. Acesso em: 18 jan. 2005.
- IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Ação social das empresas do Sudeste: quem são onde estão*. IPEA: Brasília, 2000. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/asocial>>. Acesso em: 11 mar. 2004.
- _____. *A iniciativa privada e o espírito público nacional*. Brasília, 2000b. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/acaosocial/IMG/pdf/doc-44.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2004.
- NAVARRO, V. L. A reestruturação produtiva na indústria de calçados de couro em Franca/SP. *Idéias - Revista do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas: o avesso do trabalho*, Campinas, v.9/10, n. 2/1, p. 113-174, 2002/2003.
- PICCININI, V. C.; ANTUNES, E. D. D.; FARIA, M. S. Estratégia sindical dos trabalhadores do setor calçadista. In: LEITE, M. P. (Org.). *O trabalho em movimento*. Campinas: Papius, 1997. p. 175-255.
- SROUR, R. H. *Ética empresarial: posturas responsáveis nos negócios, na política e nas relações pessoais*. Rio de Janeiro: Campus, 2000.
- SUZIGAN, W. et al. Sistemas produtivos locais no estado de São Paulo: o caso da indústria de calçados de Franca. In: TIRONI, L. F. (Coord.). *Industrialização descentralizada: sistemas industriais locais*. Brasília: IPEA, 2001. p. 267-322.
- SUZIGAN, W.; GARCIA, R.; FURTADO, J. Governança de sistemas produtivos locais de micro, pequenas e médias empresas. In: LASTRES, H. M. M.; CASSIOLATO, J. E.; MACIEL, M. L. (Orgs.). *Pequena empresa: cooperação e desenvolvimento local*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, UFRJ, 2003. p. 67-83.
- TOMEI, P. A. Responsabilidade social de empresas: análise qualitativa da opinião do empresariado nacional. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 189-202, out./dez. 1984.
- VEIGA, J. P. C. *A questão do trabalho infantil*. São Paulo: Associação Brasileira de Estudos do Trabalho, 1998. (Coleção ABET – Mercado de trabalho).
- VENDRAMETO, O. Desenvolvimento e ruptura: o caso da rede produtiva da carne, couro e calçados. In: FUSCO, J. P. A. (Org.). *Temas emergentes em engenharia de produção*. São Paulo: Arte & Ciência, 2002. p. 59-90.

A importância do layout para o aumento da produtividade

Oswaldo de LIMA FILHO¹

Thiago Francisco MALAGUTTI²

Resumo: Este artigo mostra que, em um mundo cada vez mais globalizado, com um mercado competitivo que vem crescendo e se tornando cada vez mais exigente, melhorar e aumentar a produção faz-se muito necessário. Por esse motivo, o *layout*, ou arranjo físico, nas atividades produtivas, tem sua relevância, pois contribui para maximizar processos, diminuir custos e aumentar a produtividade. Nesse cenário, será apresentada a importância do *layout* para a melhoria da produtividade nos setores produtivos, reduzindo o tempo de produção e os custos e aumentando a produtividade. Apresentamos, neste trabalho, os quatro principais tipos de arranjo físico: posicional, funcional, celular e por produtos, além de suas vantagens e desvantagens. A escolha correta do *layout* no processo produtivo traz muitos benefícios quando utilizado da forma correta.

Palavras-chave: Layout. Arranjo Físico. Produtividade.

¹ **Oswaldo de Lima Filho.** Bacharel em Engenharia de Produção pelo Claretiano – Centro Universitário. Bacharel em Processamento de Dados pelas Faculdades Integradas Soares de Oliveira (FISO), Barretos (SP). Professor do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), Unidade 108 – ETEC “Cel. Raphael Brandão” de Barretos (SP). *E-mail:* <lima.barretos@gmail.com>.

² **Thiago Francisco Malagutti.** Mestre em Educação pelo Centro Universitário Moura Lacerda (CUML). Especialista em Gestão de Projetos pelo Centro Universitário Internacional (UNINTER). Bacharel em Engenharia de Produção pela Universidade de Franca (UNIFRAN). Pesquisador da área de Engenharia e Educação a Distância. Coordenador de curso, docente, professor responsável e tutor a distância do Claretiano – Centro Universitário. *E-mail:* <thiagomalagutti.claretiano@gmail.com>.

The importance of the layout for increased productivity

Oswaldo de LIMA FILHO

Thiago Francisco MALAGUTTI

Abstract: This article shows that in an increasingly globalized world, a competitive market that is growing and becoming more demanding, improving and increasing production becomes more necessary, therefore the layout or physical arrangement in productive activities maximize processes, reduce costs and increase productivity. In this scenario it will be presented the importance of the layout to improve productivity in the productive sectors, reducing the production time, costs and increasing productivity. Here are the four main types of physical arrangement; positional functional; cellular and products, their advantages and disadvantages. The correct choice of layout in the productive process brings many benefits when used in the correct way.

Keywords: Layout. Physical Arrangement. Productivity.

1. INTRODUÇÃO

A história do *layout* confunde-se com a própria existência do homem. Os primeiros *layouts* surgiram quando o homem executava o seu trabalho ou quando o arquiteto planejava a sua construção. O *layout* é muito importante e eficaz, como a capacidade do homem e da maquinaria. Com a Revolução Industrial, os donos das fábricas descobriram que seria mais econômico estudar a reorganização dos equipamentos. Isso foi muito interessante, pois, com a especialização da mão de obra e o manuseio dos materiais, a operação ganhou mais atenção. Hoje em dia, entendemos que os primeiros *layouts* não estavam completos.

Em toda a história da humanidade, cita Huberman (1936, p. 51), “[...] o crescimento do mercado constitui sempre um tremendo incentivo ao crescimento da produção. Sendo assim, o desenvolvimento de novos arranjos físicos ocorre pela necessidade de adaptação a novas realidades”.

O *layout* possibilita a reorganização e otimização do processo produtivo da melhor forma, e, para fazê-lo, é necessário:

- Diminuir investimentos em equipamentos.
- Diminuir tempo de produção.
- Melhorar a utilização do espaço existente da forma mais eficiente possível.
- Proporcionar ao trabalhador posto de trabalho com mais segurança e conforto.
- Flexibilizar as operações.
- Reduzir custo de tratamento do material.
- Minimizar a variação dos tipos de equipamentos de tratamento do material.
- Melhorar processo de produção.
- Aumentar a produtividade e qualidade dos produtos.
- Melhorar estrutura da empresa.

Araújo (2010) descreve que *layout* é o equilíbrio entre pessoas, máquinas, equipamentos e materiais em uma organização, determinado pelos processos e viabilizado pelo planejamento do *layout*.

Segundo Muther (1986), o arranjo físico, ou *layout*, pode ser definido como o estudo do posicionamento relativo dos recursos produtivos, homens, máquinas e materiais, ou seja, é a combinação dos diversos equipamentos/máquinas, áreas ou atividades funcionais dispostas adequadamente.

De acordo com Slack et al. (2009), definir um arranjo físico é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção. Assim, o *layout* pode ser considerado a forma como os recursos produtivos, homens, máquinas e materiais estão dispostos em uma fábrica.

Uma produção sem *layout* leva a empresa a ter maior gasto com mão de obra, máquinas e equipamentos, podendo gerar retrabalho e prejuízos.

Tudo o que se produz tem um caminho a percorrer, desde a matéria-prima até o produto final. Assim, o *layout* da produção deve ser bem elaborado para otimizar o processo produtivo e evitar qualquer tipo de desperdício material, mão de obra ou equipamentos ociosos, pois isso tudo representa prejuízo direto no processo produtivo.

Em um mundo globalizado, a Produção Enxuta é uma filosofia produtiva essencialmente utilizada com o objetivo de eliminar ou minimizar atividades não agregadoras de valor ao produto final, também conhecida como TPS (*Toyota Production System* ou, em português, “Sistema Toyota de Produção”), *Lean Manufacturing*, Produção *Lean* ou, ainda, *Lean Thinking*.

Um sistema de medidas e métodos que trazem benefícios na empresa como um todo e proporcionam um sistema produtivo competitivo, atacando principalmente o desenvolvimento de produtos, a cadeia de suprimentos, o gerenciamento de chão de fábrica e os serviços pós-venda (RODRIGUES, 2006, p. 8).

Um sistema de Produção Enxuta pode fazer a diferença no mercado consumidor e conseguir melhores preços em seus produtos e mercadorias.

É de fundamental importância o estudo do arranjo físico. Segundo Corrêa (2007, p. 408), “A decisão de arranjo físico é uma parte importante da estratégia da operação. Um projeto bem elaborado de arranjo físico será capaz de refletir e alavancar desempenhos competitivos desejáveis”.

Como forma de melhoria organizacional, tem-se a otimização do *layout*, que está diretamente associada a vários fatores relacionados direta ou indiretamente à eficiência produtiva, podendo citar os seguintes: economia de espaço, redução da movimentação e transporte, redução do volume de material em processo, redução do tempo de manufatura, redução de custos indiretos, satisfação do trabalho, incremento da produção, melhor qualidade e flexibilização da produção (OLIVÉRIO, 1985).

Segundo Nunes (2013, p. 200):

O estudo do arranjo físico tem por objetivo a melhor combinação de material, equipamento e mão de obra no espaço disponível relacionado aos sistemas de produção. Esse estudo contempla um plano de instalação industrial que integra todos os recursos de produção num conjunto lógico e ordenado, cada qual dando sua parcela de contribuição para o objetivo final, que é a eficiência de produção.

Ainda sobre a importância do estudo do *layout*, Peinado e Reis (2007, p. 200) mencionam que:

As decisões de arranjo físico definem como a empresa vai produzir. O leiaute, ou arranjo físico, é a parte mais visível e exposta de qualquer organização. A necessidade de estudá-lo existe sempre que se pretende a implantação de uma nova fábrica ou unidade de serviços ou quando se estiver promovendo a reformulação de plantas industriais ou outras operações produtivas já em funcionamento.

O objetivo do presente artigo é demonstrar a importância do *layout* como ferramenta no aumento da produtividade dentro do setor produtivo através de mudanças nos postos de trabalho e na disposição de máquinas e processos, rearranjando para melhor, dessa forma, toda a disposição no momento da produção e, conseqüentemente, influenciando na melhoria e no aumento da produtividade, sem o aumento de investimento e custo com máquinas, equipamentos e espaço disponível, uma vez que a estruturação do *layout*, ou arranjo físico, se dá no espaço já existente e com os equipamentos disponíveis.

De acordo com Cury (2007, p. 396):

[...] deve-se levar em conta também que um novo e bom *layout* baseia-se em distribuir as máquinas, matéria-prima e móveis para preencher da melhor maneira possível os espaços nos setores ou na organização como um todo, levando-se em consideração a melhor forma da mão de obra se adaptar no seu posto de trabalho para garantir a satisfação e a qualidade no trabalho.

2. METODOLOGIA

Para a elaboração deste trabalho de revisão bibliográfica, foram realizadas várias pesquisas a literaturas referentes ao assunto estudado, publicações na internet de artigos relacionados, livros de autores renomados, revistas, monografias e teses, entre outras publicações.

O trabalho de revisão bibliográfica é base fundamental para qualquer pesquisa científica. Para conseguir desenvolver qualquer campo do conhecimento, em primeiro lugar, é preciso conhecer os trabalhos já publicados por outros pesquisadores; assim, podemos realizar uma revisão bibliográfica com mais eficácia.

Segundo Marconi e Lakatos (2003, p. 158), a pesquisa bibliográfica é:

[...] um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema. O estudo da literatura pertinente pode ajudar na planificação do trabalho, bem como evitar certos erros, e representa uma fonte indispensável de informações, podendo até orientar as indagações.

Fazer uma pesquisa bibliográfica torna-se cada vez mais parte da vida de estudantes e pesquisadores. Entre outras, esta é a tarefa que impulsiona toda área do conhecimento e amadurecimento nos estudos. Hoje em dia, contamos com a tecnologia para nos auxiliar; a internet e as bibliotecas digitais

facilitam e agilizam essa tarefa, disponibilizando recursos de busca e cruzamento de informações, facilitando a vida de todos.

3. REFERENCIAIS TEÓRICOS

De acordo com Chiavenato (2005) o arranjo físico, ou ainda layout, de uma empresa ou de apenas um departamento, nada mais é do que a distribuição física de máquinas e equipamentos dentro da organização onde, através de cálculos e definições estabelecidas de acordo com o produto a ser fabricado, se organiza os mesmos para que o trabalho possa ser desenvolvido da melhor forma possível e com o menor desperdício de tempo.

De acordo com Ivanqui (1997), desenvolver um novo *layout* em uma organização é pesquisar e solucionar problemas de posicionamento de máquinas em setores e decidir sobre qual a posição mais adequada em que cada qual deve ficar. Em todo o desenvolvimento do novo *layout* organizacional, uma preocupação básica deve estar sempre sendo buscada: tornar mais eficiente o fluxo de trabalho, quer seja ele dos colaboradores, quer dos materiais.

A escolha e implantação adequada de um bom *layout* melhorará diretamente diversos setores da empresa, aumentando a produtividade, melhorando a utilização de máquinas e equipamentos e otimizando os setores, adequando mão de obra e postos de trabalho.

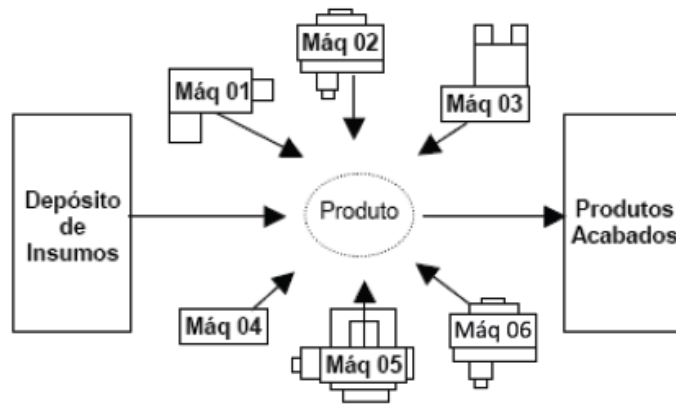
O arranjo físico é geralmente aquilo que a maioria de nós nota primeiro ao entrar em uma unidade produtiva, porque ele determina a aparência da operação. Também determina a maneira segundo a qual os recursos transformados – materiais, informação e clientes – fluem pela operação. (SLACK et al., 2009, p. 181).

O arranjo físico é perceptível a todos que entram em uma linha de produção. A disposição de máquinas e processos mostra-nos com clareza a forma com que o produto está sendo produzido e a forma como tudo se harmoniza durante o processo, desde a entrada da matéria-prima no processo, passando pela transformação e acabamento, até o produto final, ponto para ser embalado e encaminhado para distribuição. O arranjo físico mostra-nos a história do processo e como tudo está sendo produzido.

Os quatros principais tipos de *layouts* são:

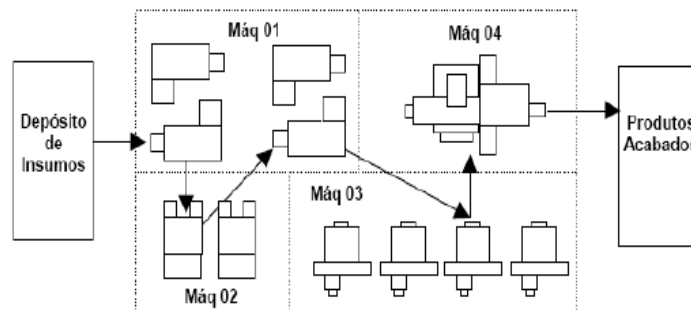
- Arranjo físico posicional.
- Arranjo físico funcional.
- Arranjo físico celular.
- Arranjo físico por produtos.

O arranjo físico posicional trata-se da movimentação de equipamento, maquinário, instalações e pessoas, movendo-se na medida do necessário, enquanto o produto fabricado fica parado. Os exemplos de uso desse arranjo citados por Olivério (1985) são as montagens de navios e de grandes alternadores; Groover (1987) cita aviões de grande porte e Black (1991) acrescenta locomotivas, prédios, pontes e represas.

Figura 1. Arranjo Posicional.

Fonte: adaptada de Toledo Jr. (1991, s.p.).

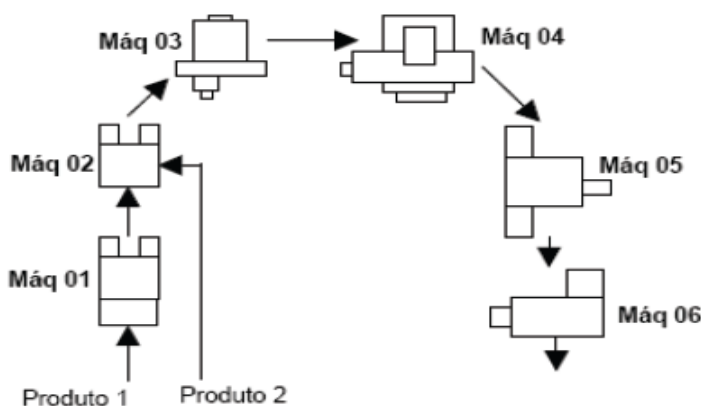
No arranjo físico funcional, recursos ou processos similares são agrupados para que a utilização dos recursos transformadores seja utilizada, melhorando o desempenho da produtividade. Nesse caso, produtos, informações ou clientes que passarem pelo processo produtivo farão o mesmo roteiro, de atividade em atividade, estabelecidos pelas suas necessidades. Sua característica fundamental é o agrupamento de operações de um mesmo tipo (OLIVÉRIO, 1985). Black (1991) destaca que, devido a sua alta flexibilidade, esse arranjo físico trabalha na produção de uma grande variedade de produtos em pequenos lotes, normalmente atendendo a pedidos específicos de clientes (produção sob encomenda).

Figura 2. Arranjo físico funcional.

Fonte: adaptada de Toledo Jr. (1991, s.p.).

Já o arranjo físico celular é aquele em que acontece uma pré-seleção dos recursos transformados ao entrarem no processo de produção; assim, são movimentados para uma parte específica da operação, na qual estão os recursos transformadores necessários para suas necessidades de processamento e transformação. Está ligado à filosofia denominada “Tecnologia de Grupo” (TG) e, segundo Irani, Subramanian e Allan (1999), seu conceito foi originalmente proposto por Mitrofanov (1966). Nessa filosofia, segundo Groover e Zimmers (1984), as peças com similaridades são identificadas e agrupadas com o objetivo de buscar vantagens no projeto e na manufatura.

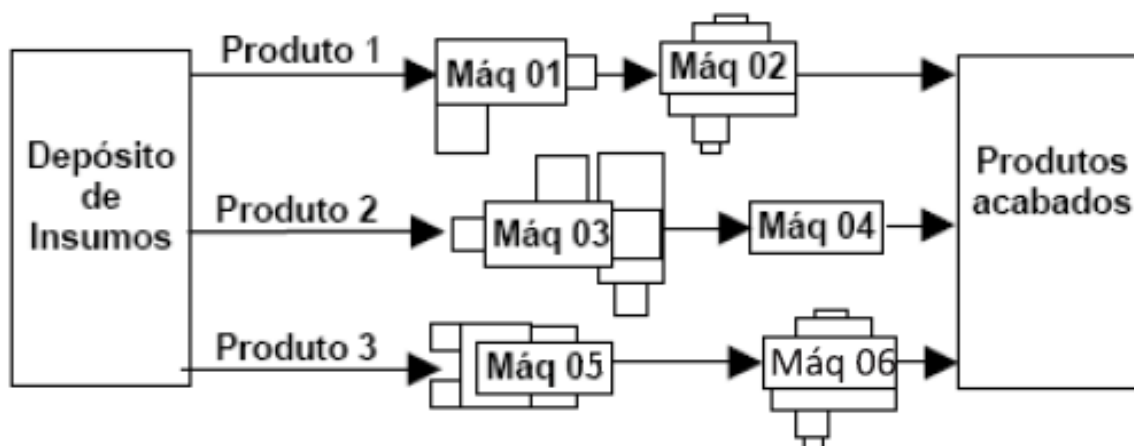
Figura 3. Arranjo físico celular.



Fonte: adaptada de Toledo Jr. (1991, s.p.).

E o arranjo físico por produtos trata os recursos a serem transformados segundo o melhor caminho dos recursos transformadores; todo produto, cliente ou informação segue um caminho predefinido, em que a transformação requerida vai ao encontro da sequência na qual os processos foram arranjados fisicamente. Os produtos em transformação são direcionados por um “fluxo” ao longo da “linha” de processos. Também é denominado arranjo físico linear, *product flow layout*, *product layout* e *flow shop*. Black (1991) acrescenta que, “quando o volume de produção se torna muito grande, especialmente na linha de montagem, esse arranjo físico é chamado de produção em massa”. A disposição dos locais de trabalho obedece à sequência de processamento do produto, buscando otimizar a movimentação de material (OLIVÉRIO, 1985).

Figura 4. Arranjo físico por produtos.



Fonte: adaptada de Toledo Jr. (1991, s.p.).

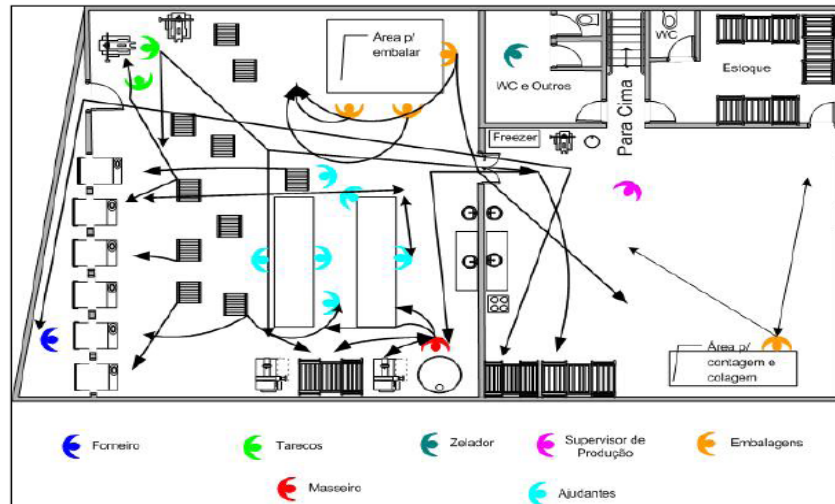
Dentro das principais indústrias no país, hoje, é comum adotar um sistema de *layout* que integre o arranjo de diversos postos de trabalho, com a necessidade de adaptação dos trabalhadores com o meio ambiente (CHIAVENATO, 2005).

Um *layout* correto proporciona um fluxo de comunicação entre as atividades de maneira mais eficiente e eficaz, melhorando a utilização das áreas produtivas, obtendo maior facilidade na administração

das tarefas, diminuindo, assim, os problemas ergonômicos e flexibilizando os processos em casos de mudanças e ou adequações (SILVA, 2016).

Para melhor visualização da importância de um *layout* adequado, vamos usar as figuras a seguir:

Figura 5. Falta de *layout* definido.

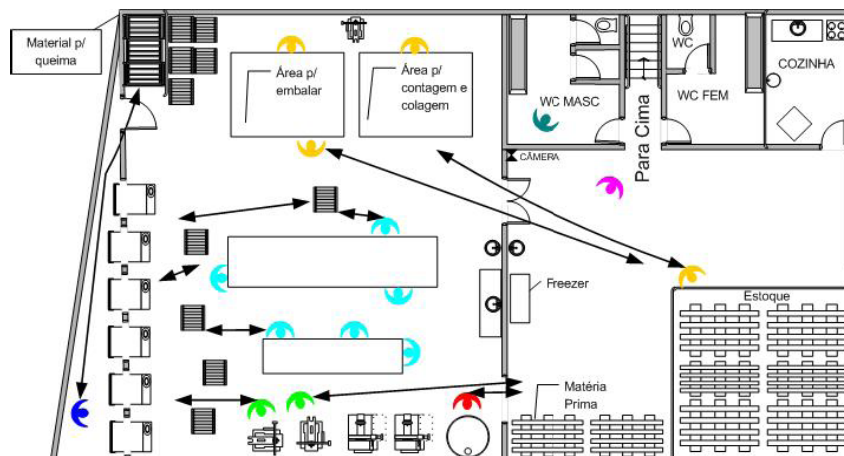


Fonte: Alves, Aquino e Silva (2013, p. 26-28).

Na Figura 5, podemos observar que há uma movimentação desordenada em toda a fábrica, o que ocasiona perda de tempo, uma vez que o trabalhador percorre longas distâncias durante o processo produtivo, ocasionando, também, o transporte de materiais e insumos por caminhos longos, sem organização das rotinas. Dessa forma, há o aumento de tempo de espera entre um processo produtivo e outro e maior desgaste físico do trabalhador, impactando no seu rendimento produtivo, podendo diminuir a quantidade e qualidade do produto.

Pensando nisso, faz-se necessário o estudo do *layout* ou arranjo físico, que, aplicado ao exemplo da Figura 5, traz uma melhora significativa no processo, conforme a Figura 6, a seguir:

Figura 6. *Layout* segundo estudo da produção.



Fonte: Alves, Aquino e Silva (2013, p. 26-28).

Após o estudo das necessidades de movimentação do produto e atualização do *layout*, podemos ver, claramente, que a movimentação se tornou muito menor, proporcionando o aumento da produção e melhoria no controle do fluxo dos trabalhadores.

Podemos observar agora, na Figura 6, que a disposição de máquinas e processos fazem os trabalhadores se movimentarem menos e o processo ficar mais limpo, sem a necessidade do trabalhador e

dos produtos e insumos percorrerem grandes distâncias; dessa forma, consegue-se aumentar a produtividade, diminuir o desgaste dos trabalhadores e melhorar a qualidade do produto, bem como dar melhor condição de trabalho a todos.

O arranjo físico da linha de produção, qualquer que seja o produto, configura todo o posicionamento físico da movimentação da matéria-prima para a transformação do produto final. Assim, torna-se responsável pelo alinhamento e localização de todas as instalações envolvidas no processo produtivo daquele produto, tais como as máquinas, os equipamentos e a mão de obra envolvida na produção. Qualquer mudança no posicionamento de uma linha de produção ou na exposição dos produtos em seu local de venda, mesmo que pequena, pode mudar o fluxo dos materiais e pessoas por meio da operação. Isso implica mudança nos custos e, até mesmo, na eficiência produtiva.

Existem fábricas que conseguem aumentar até 25% da produção, reduzir custos e melhorar o aproveitamento do espaço somente através de um novo arranjo físico da fábrica (SLACK et al., 2009).

Em todos os estudos de arranjo físico ou *layout*, não vamos encontrar somente soluções viáveis de serem implantadas; todos os tipos básicos de arranjo físicos aqui apresentados têm suas vantagens e desvantagens, que devem ser analisadas criteriosamente antes da tomada de decisão sobre qual *layout* implantar.

Slack et al. (2009, p. 194) apresentam as vantagens e desvantagens dos tipos básicos de arranjo físico:

Tabela 1. Vantagens e desvantagens dos tipos básicos de arranjo físico.

	Vantagens	Desvantagens
Posicional	Flexibilidade muito alta de <i>mix</i> e produto. Produto ou cliente não movido ou perturbado. Alta variedade de tarefas para a mão de obra.	Custos unitários muito altos. Programação de espaços ou atividades pode ser complexa. Pode significar muita movimentação de equipamentos e mão de obra.
Processo	Alta flexibilidade de <i>mix</i> e produto. Relativamente robusto em caso de interrupção de etapas. Supervisão de equipamento e instalação relativamente fácil.	Baixa utilização de recursos. Pode ter alto estoque em processo ou filas de clientes. Fluxo complexo pode ser difícil de controlar.
Celular	Pode dar um bom equilíbrio entre custo e flexibilidade para operações com variedade relativamente alta. Atravessamento rápido. Trabalho em grupo pode resultar em melhor motivação.	Pode ser caro reconfigurar o arranjo físico atual. Pode requerer capacitação adicional. Pode reduzir níveis de utilização de recursos.
Produto	Baixos custos unitários para altos volumes. Dá oportunidade para especialização de equipamento. Movimentação conveniente de clientes e materiais.	Pode ter baixa flexibilidade de <i>mix</i> . Não requer muito robusto contra interrupções. Trabalho pode ser repetitivo.

A tabela anterior mostra algumas das vantagens e desvantagens que deverão fazer parte dos estudos do novo *layout* a ser implantado em qualquer linha de produção. Não devemos olhar somente qual arranjo físico deverá ser implementado, mas fazer uma análise de todos os dados disponíveis sobre os tipos de *layout* e, nessa avaliação, customizar a decisão no momento da implantação da mudança ou arranjo físico novo.

O arranjo físico de uma operação produtiva trata do posicionamento físico do andamento da transformação do “chão de fábrica”. Ou seja, é responsável pela definição da localização de todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção. Algumas mudanças aparentemente pequenas na localização de uma máquina numa fábrica ou dos produtos no ponto de venda pode afetar diretamente o fluxo de materiais e pessoas por meio da operação, bem como os custos e a eficácia geral da produção.

Existem fábricas que conseguem aumentar até 25% da produção, reduzir custos e melhorar o aproveitamento do espaço através de um novo arranjo físico da fábrica (SLACK et al., 2009).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste artigo é apresentar as formas mais comuns de *layout*, que, quando bem aplicadas, são benéficas à indústria, diminuindo custos e aumentando o desempenho global da produtividade de qualquer linha de produção, independentemente do produto ali produzido, otimizando e melhorando o aproveitamento dos espaços físicos que cada empresa dispõe para sua área produtiva.

O arranjo físico é de vital importância para melhorar o desenvolvimento das linhas de produção, evitar o desperdício de materiais e de mão de obra. Com a globalização e a procura do mercado consumidor por produtos com maior qualidade e menor preço, as fábricas tendem a acompanhar essas exigências dos consumidores, readequando e mudando seus *layouts* para responder o mais rápido às novas tendências, principalmente quando se trata de sistemas de manufatura.

O planejamento do arranjo físico é bastante eficaz e suas características são evidentes no meio produtivo – organização, estruturação das máquinas, equipamentos e pessoas; ou seja, o arranjo físico é a primeira coisa que as pessoas notam ao entrarem em uma fábrica (SLACK et al., 2009).

REFERÊNCIAS

- ALVES, F. J. B. P.; AQUINO, P. V. B.; SILVA, L. H. F. Estudo da reestruturação do arranjo físico em uma indústria alimentícia do segmento de biscoitos artesanais em Maceió, Brasil. *Engineering Sciences*, Aquidabã, v. 1, n. 1, p. 1-7, ago./dez. 2012, jan. 2013. Disponível em: <sustenere.co/journals/index.php/engineeringsciences/article/download/...2013.../288>. Acesso em: 3 maio 2016.
- ARAÚJO, L. C. G. *Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional: arquitetura organizacional, benchmarking, empowerment, gestão pela qualidade total e reengenharia*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- BARROS, A. J. D. S.; LEHFELD, N. A. D. S. *Fundamentos de metodologia científica*. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- BLACK, J. T. *Projeto da fábrica com futuro*. Porto Alegre: Bookman, 1991.
- CHIAVENATO, I. *Gestão de pessoas*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, Campus, 2005.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. *Administração de produção e operações: manufatura e serviços – uma abordagem estratégica*. São Paulo: Atlas, 2007.
- CURY, A. *Organização e métodos: uma visão holística, perspectiva comportamental e abordagem contingencial*. São Paulo: Atlas, 2007.
- GROOVER, M. P.; ZIMMERS, E. W. JR. *CAD/CAM: computer-aided design and manufacturing*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.; Englewood Cliffs, 1984.
- GROOVER, M. P. *Automation, production systems and computer integrated manufacturing*. EUA: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1987.
- HUBERMAN, L. *Man's worldly goods*. New York: Monthly Review Press, 1936.
- IRANI, S. A.; SUBRAMANIAN, S.; ALLAN, Y. S. *Introduction to cellular manufacturing systems*. Handbook of cellular manufacturing systems. Mitrofanov: John Wiley & Sons, Inc., 1999.
- IVANQUI, I. L. *Um modelo para a solução do problema de arranjo físico de instalações interligadas por corredores*. 1997. 131f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 1997. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/77147>>. Acesso em: 10 maio 2016.
- KÖCHE, J. C. *Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa*. Petrópolis: Vozes, 2011.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas 2003.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. *Administração da produção*. São Paulo: Saraiva, 2005.

MUTHER, R. *Planejamento do layout: sistema SLP*. São Paulo: Edgard Blucher, 1986.

NUNES, S. *Gestão de produção e operações*. Batatais: Claretiano, 2013.

OLIVÉRIO, J. L. *Projeto de fábrica: produtos processos e instalações industriais*. São Paulo: IBLC, 1985.

PEINADO, J.; REIS, A. G. *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba: UnicenP, 2007.

RODRIGUES, I. A. *Implementação de técnicas da produção enxuta numa empresa de manufatura contratada do setor eletroeletrônico*. 2006. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/NVEA-5Y4NAE/iana_ara_jo_rodriguesdissertacao.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 maio 2016.

SILVA, M. L. V. *A importância do layout dentro das indústrias para o aumento da produtividade*. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1661>. Acesso em: 12 jun. 2016.

SLACK, N. et al. *Administração da produção*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TOLEDO JÚNIOR, B. *Layout: arranjo físico*. Mogi das Cruzes: Itys-Fides, 1991.

Aplicação correta dos modelos volumétricos utilizando suta e fita métrica na medição do diâmetro de relação do fuste

Miguel Florentino BORELLI¹

Fernanda Bento Borges LARGI²

Resumo: Atualmente, têm-se várias maneiras de se obter o volume de um fuste do gênero *Eucalyptus* em pé, sem abater a árvore. Fato é que a maioria dessas maneiras utilizam modelos volumétricos que, invariavelmente, utilizam os diâmetros à altura do peito, 1,30 metros (D.A.P.), como variável de entrada nas correlações das análises de regressão. Operacionalmente, muitas empresas usam de forma equivocada essa tão importante variável, e este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar as diferenças entre o uso do D.A.P. e da circunferência à altura do peito (C.A.P.) nas relações volumétricas, expressando os desvios na obtenção dos volumes dos fustes que isso acarreta. Para isso, foram delineadas, abatidas e cubadas, biometricamente, 30 parcelas amostrais, formando 5 tratamentos e repetidos 30 vezes. As testemunhas foram os volumes cubados, e os testes estatísticos aplicados foram: análise de variância, teste de agrupamento de média de Friedman e Scott-Knott, todos a 95% de probabilidade, cujos resultados apontaram diferenças significativas quando a mensuração do D.A.P. das parcelas amostrais foi diferente do D.A.P. das árvores abatidas para ajuste da modelagem.

Palavras-chave: Diâmetro à Altura do Peito. Circunferência à Altura do Peito. *Eucalyptus*. Biometria Florestal. Modelos Volumétricos.

¹ **Miguel Florentino Borelli.** Especialista em Biometria Florestal pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Bacharelado em Engenharia de Produção pelo Claretiano - Centro Universitário. Bacharel em Administração de Empresas pelo Centro Universitário Barão de Mauá, Ribeirão Preto (SP). *E-mail:* <mborelli@metodoinv.com.br>.

² **Fernanda Bento Borges Largi.** Mestra em Materiais para Engenharia pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Bacharel em Engenharia Química pela Escola de Engenharia de Lorena (EEL). Professora e Tutora no Claretiano – Centro Universitário. *E-mail:* <fernandalargi.claretiano@gmail.com>.

Correct application of volumetric models using calipers and tape measure measuring the diameter of bole relationship

Miguel Florentino BORELLI

Fernanda Bento Borges LARGI

Abstract: Currently, there are several ways to get the volume of a bole of Eucalyptus standing, no cut down the tree. The fact is that most of these ways utilize volumetric models that, invariably, use the diameter at breast height (D.B.H.), 1.30 meter, as input variable in the correlations of regression analyzes. Operationally, many companies use mistakenly this important variable, therefore this project was developed in order to analyze the differences in the volumetric relations between the use of D.B.H. and the circumference at breast height (C.B.H.), expressing deviations in getting the volumes of boles. For that were outlined, felled and cubed biometrically 30 sample plots, with 5 treatments and 30 repetitions. The witness was the cubed volume and applied statistical tests were: analysis of variance, average grouping test Friedman and Scott-Knott, both with 95% probability. The results show significant differences when the measuring the D.B.H. of sample plots is different than D.B.H. of felled trees for modeling adjustment.

Keywords: Diameter at Breast Height. Circumference at Breast Height. Eucalyptus. Biometrics Forest. Volumetric Models.

1. INTRODUÇÃO

Dentro de uma empresa de base florestal, uma ferramenta muito útil e fundamental é o *inventário florestal*, que é utilizado para definir os volumes do ativo biológico e as variáveis quantitativas e qualitativas que melhor caracterizarão essa base, sendo que essas informações são essenciais para a tomada de decisões importantes nos empreendimentos florestais. Segundo Scolforo (1997, p. 3):

O inventário florestal consiste no uso de fundamentos de amostragem para a determinação ou estimativa de características das florestas, sejam estas quantitativas ou qualitativas, dentre as quantitativas pode-se citar: volume, sortimentos, área basal, altura média das árvores dominantes, biomassa, diâmetro médio quadrático etc. Dentre as características qualitativas pode-se citar: vitalidade das árvores, qualidade do fuste, tendência de valorização etc.

Dentro dessa atividade, também há as atividades relacionadas à *biometria florestal*, que, conforme Prodan (1957 apud FIGUEIREDO JUNIOR; SCOLFORO, 1998), trata de métodos de medição e de como quantificar as grandezas que definem o volume, a forma e crescimento das árvores e do povoamento florestal.

A dendrometria, de acordo com Huffel (1919 apud FIGUEIREDO JUNIOR; SCOLFORO, 1998, p. 5), ensina-nos a determinar o volume dos produtos da floresta. A palavra *dendrometria* significa “medição de árvores”; no entanto, é utilizada para permitir a estimativa do volume dos povoamentos florestais e a determinação do crescimento em volume das árvores e dos povoamentos.

Conforme Pardé e Bouchon (1988 apud FIGUEIREDO JUNIOR; SCOLFORO, 1998, p. 6), a dendrometria tem como objetivo a medida de dimensões das árvores, o estudo de sua forma e a estimativa de seu volume e peso. Em outro prisma, ela procura obter, com precisão, o volume e o peso dos povoamentos em pé. Por fim, a dendrometria também estuda as médias e cálculos que levam ao conhecimento do crescimento em volume ou peso das árvores ou dos povoamentos florestais.

De forma restrita, *Mensuração Florestal* é o ramo da ciência florestal que possibilita a determinação ou estimativa das características de um dado recurso florestal, tais como diâmetro e altura, quer seja de árvores, quer seja da floresta, com a finalidade de determinar ou predizer, com precisão, o volume, o peso, a idade, o crescimento, a produção e o sortimento do referido recurso florestal.

A *enumeração total*, ou *censo*, embora isenta de erros amostrais, normalmente é praticável em pequenas áreas e quando estas são de grande importância devido ao alto custo. Por outro lado, o processo de amostragem é mais viável, sendo que a amostragem de uma população pode ser realizada segundo vários métodos, os quais devem ser aplicados de acordo com o menor custo, em consonância com as características da população, para obter precisamente as variáveis buscadas, sendo estas quantitativas ou qualitativas.

Nos trabalhos de levantamento do *estoque florestal*, há erros de medições, que podem ser: *erros compensantes*, que são causados por equipamentos, nos quais, quanto menor a precisão destes, maior o erro ocorrido; *erros sistemáticos*, que estão associados à falta de habilidade do operador; e os *erros de estimativa*, que ocorrem por não se medir todos os elementos de população, ou seja, faz-se apenas uma amostra e se faz a inferência para o restante da população.

Conforme Figueiredo Filho e Scolforo (1998), existem medidas diretas, efetuadas diretamente pelo homem sobre a árvore, como, por exemplo, o diâmetro a 1,3m de altura (D.A.P.), feito com a suta, fita métrica ou fita diamétrica, e medidas indiretas, obtidas com instrumentos predominantemente ópticos, como, por exemplo, a medida da altura da árvore feita com um hipsômetro, o relascópio de Bitterlich e medidas de estimativa, em que se mede a amostra e se infere o resultado para toda a população.

Este trabalho tem como objetivo a comparação do uso de dois instrumentos de medição da variável mais importante da biometria florestal: o *Diâmetro à Altura do Peito (D.A.P.)* – no Brasil, a 1,30 metros, que é feito com a *suta*, um paquímetro com dimensões de até 100 centímetros, confeccionada em alumínio e graduada em milímetros, podendo ser mecânica ou digital, e a *fita métrica*, graduada em milímetros, que pode ser de costureiro, utilizada na medição da *Circunferência à Altura do Peito (C.A.P.)*, bem como a comparação do uso desses instrumentos quando na aplicação do modelo volumétrico para

a determinação do volume da floresta. Tem-se observado um fato importante na aplicação equivocada desses modelos nas empresas, as quais coletam as informações nas amostras com a fita métrica, portanto, mensurando o C.A.P., e executam a cubagem biométrica, que é o seccionamento do fuste a tamanhos pré-definidos, em que, a cada extremidade, são coletados os diâmetros e o comprimento dessas seções para posteriormente se obter o volume delas por meio de cálculos matemáticos, utilizando a suta na posição do D.A.P. Essa aplicação equivocada na modelagem das equações é que vem gerando erros nas estimativas dos estoques florestais. Aqui, serão apresentados os desvios nas aplicações desses modelos divergentes.

Trata-se de uma pesquisa de campo, que foi realizada na empresa “Método Biometria e Inventário Florestal”, onde foram coletadas as informações das parcelas amostrais, num total de 30 (trinta) unidades, e a cubagem biométrica de todas as árvores das unidades amostrais, que foram os subsídios fundamentais para o desenvolvimento deste estudo. As árvores foram abatidas nos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais.

A justificativa e o embasamento deste trabalho estão calcados na valorização da madeira e dos produtos florestais e na necessidade do uso social, ecológico e economicamente correto dos recursos florestais nativos ou plantados, os quais aumentam a necessidade de priorizar o conhecimento do estoque florestal e, também, dos múltiplos produtos da madeira, cada vez mais e com maior precisão.

O conhecimento de técnicas de amostragem é um dos elementos principais para que o estoque florestal possa ser obtido com precisão.

Os fundamentos da boa amostragem e da biometria florestal constituem um dos grandes instrumentos de auxílio no controle dos negócios florestais. Em florestas plantadas, o uso de conceitos e procedimentos de amostragem é cada vez mais importante para que o negócio florestal possa ser mais bem gerido, e as informações de crescimento e produção possibilitam análises econômico-financeiras do investimento e de várias outras ações que bem caracterizam o manejo florestal. Um fato relevante é que distorções no uso dessas técnicas podem propiciar a obtenção de uma sub ou superestimativa dos estoques de madeira, e esses valores estimados com desvios muitas vezes levam a entraves em negociações do ramo e no abastecimento fabril, o que com certeza gera prejuízo para as partes envolvidas, isto é, outorgante e outorgado ou florestal e indústria. Nos últimos anos, tem-se observado que as empresas estão aplicando, de forma equivocada, os modelos volumétricos nas bases de processamento de dados, coletando informações utilizando a fita métrica e ajustando os modelos usando o D.A.P., e isso vem causando a superestimativa dos estoques florestais, que impacta diretamente os planos de abastecimento das fábricas, causando muitos problemas.

O objetivo fundamental deste trabalho é o de definir a forma correta de se aplicar os modelos ajustados para se evitar erros nas estimativas dos volumes, esclarecendo os conceitos de como fazer a ligação das atividades de medição das amostras e de cubagem biométrica das árvores, mantendo, em comum às duas atividades, a correta medição do Diâmetro à Altura do Peito (D.A.P. e C.A.P.). Apresentar, além das formas corretas de se aplicar os modelos, as formas incorretas, e evidenciar os desvios que ocorrem para ficar mais clara essa técnica. Com isso, vislumbrar técnicas importantíssimas às empresas do ramo florestal, para que se evitem tais erros e sejam apurados de forma correta seus ativos biológicos. Com a correção dessas técnicas, as empresas poderão gerenciar, de forma mais precisa, toda a sua cadeia produtiva, desde o abastecimento da fábrica, passando pela exaustão de projetos, até as devidas apurações do retorno financeiro.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste estudo, foi delineado o teste em blocos casualizados (D.B.C.), composto por 5 (cinco) tratamentos repetidos 30 (trinta) vezes, em que:

- T1-Volume gerado com medição com a fita nas parcelas (C.A.P.) e diâmetro de relação também com fita métrica na cubagem biométrica;

- T2-Volume gerado com medição com a suta nas parcelas (D.A.P.) e diâmetro de relação também com suta na cubagem biométrica;
- T3-Volume gerado com a fita nas parcelas (C.A.P.) e diâmetro de relação com a suta na cubagem biométrica (D.A.P.);
- T4-Volume gerado com a suta nas parcelas (D.A.P.) e diâmetro de relação com a fita métrica na cubagem biométrica (C.A.P.);
- T5-Volume gerado por meio da cubagem biométrica, que será a testemunha absoluta nas comparações.

Para o tratamento T5 (testemunha), os volumes foram obtidos mediante cubagem biométrica de todas as árvores de cada parcela amostral, com seções nas seguintes posições ao longo do fuste: 0,10m; 0,70m; 1,30m; 2,0m; e, a partir daí, a cada 2 metros, até o diâmetro mínimo de 2cm, sempre coletando dois diâmetros ortogonais com a suta em cada posição.

Tabela 1. Dados de uma árvore (fuste) cubada.

Dap-1,3	N. árvore	Seção	Φ_1	Φ_2	$\Phi_{\text{médio}}$	Cap-1,3 Relação	Casca	h_{total}	h_i	Parcelas	Espécie
15,8	1	1	18,7	18,3	18,5	16,01099	0,9	25,7	0,1	1	EUC SPP
15,8	1	2	17	16,4	16,7	16,01099	0,7	25,7	0,7	1	EUC SPP
15,8	1	3	16,2	15,4	15,8	16,01099	0,6	25,7	1,3	1	EUC SPP
15,8	1	4	15,3	15,5	15,4	16,01099	0,6	25,7	2	1	EUC SPP
15,8	1	5	14,1	13,5	13,8	16,01099	0,4	25,7	4	1	EUC SPP
15,8	1	6	12,8	12,8	12,8	16,01099	0,3	25,7	6	1	EUC SPP
15,8	1	7	12,1	12	12,05	16,01099	0,3	25,7	8	1	EUC SPP
15,8	1	8	11,5	11	11,25	16,01099	0,3	25,7	10	1	EUC SPP
15,8	1	9	10,4	10,4	10,4	16,01099	0,3	25,7	12	1	EUC SPP
15,8	1	10	9,6	9,3	9,45	16,01099	0,2	25,7	14	1	EUC SPP
15,8	1	11	8,3	8,2	8,25	16,01099	0,2	25,7	16	1	EUC SPP
15,8	1	12	7,2	7,2	7,2	16,01099	0,2	25,7	18	1	EUC SPP
15,8	1	13	5,6	5,7	5,65	16,01099	0,2	25,7	20	1	EUC SPP
15,8	1	14	4,5	4,4	4,45	16,01099	0,1	25,7	22	1	EUC SPP
15,8	1	15	2,1	1,9	2	16,01099	0,1	25,7	24	1	EUC SPP

Onde:

Dap 1,3: é o diâmetro de relação utilizado nas relações volumétricas.

N. árvore: número da árvore.

Seção: seção do seccionamento do fuste, a 0,10; 0,70; 1,30; 2,0...+2...

Φ_1 e Φ_2 : diâmetros coletados ortogonalmente a cada seção.

$\Phi_{\text{médio}}$: média entre Φ_1 e Φ_2 .

Cap 1,3 Relação: é o diâmetro obtido da relação C.A.P. dividido por π .

Casca: espessura da casca em cada seção.

h_{total} : altura total da árvore.

h_i : altura ou posição de cada seção, a 0,10; 0,70; 1,30; 2,0...+2...

Parcelas: são as amostras estudadas total de 30 unidades.

Espécie: trata-se da espécie utilizada nesse estudo.

Figura 1. Operação de abate e cubagem biométrica de uma árvore. (A) e (B) identificação e mensuração do D.A.P. (A) utilizando a suta e mensuração do C.A.P.; (B) utilizando a fita métrica; (C) abate da árvore; e (D) cubagem biométrica da árvore.



Para todos os tratamentos (T1, T2, T3, T4) obtidos com a utilização da suta e fita na medição dos diâmetros de relação (1,3 metros), foi ajustado um modelo de relação volumétrica. Neste estudo, foi utilizado o modelo de Schumacher e Hall na forma linearizada, sendo o modelo original o apresentado abaixo:

$$V = bo * Dap^{b1} * Ht^{b2} \quad V = bo * Dap^{b1} * Ht^{b2} \text{ (forma original não linear)}$$

Aplicando o logaritmo neperiano (\ln) para linearizar a equação, tem-se:

$$\ln V = bo + b1 * \ln Dap + b2 * \ln Ht \quad \ln V = bo + b1 * \ln Dap + b2 * \ln Ht \text{ (forma linear)}$$

Onde:

Dap : é o diâmetro a 1,3 metros do solo obtido com suta ou fita.

Ht : é a altura total da árvore em metros.

bo e $b1$: são os parâmetros estimados pela análise de regressão linear.

V : é o volume apurado.

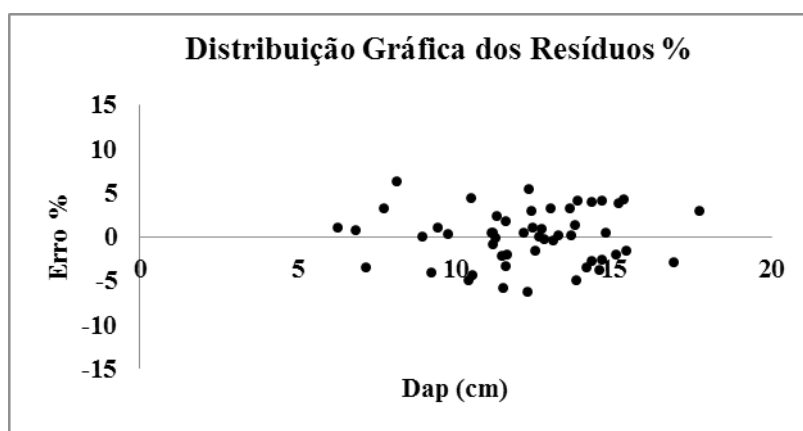
$\ln V$: é o logaritmo neperiano.

Ao todo, foram ajustados e modelados 60 modelos, sendo 30 para D.A.P. de relação com suta no diâmetro de relação e 30 com C.A.P. de relação no diâmetro de relação, sendo que foi feita a transformação do C.A.P. para D.A.P. utilizando a divisão pela constante π . Todos os modelos foram selecionados observando a distribuição gráfica dos resíduos em porcentagem, coeficiente de correlação R^2 em porcentagem, erro padrão da média em porcentagem e estatística P de cada parâmetro.

Tabela 2. Exemplo de escolha de modelo.

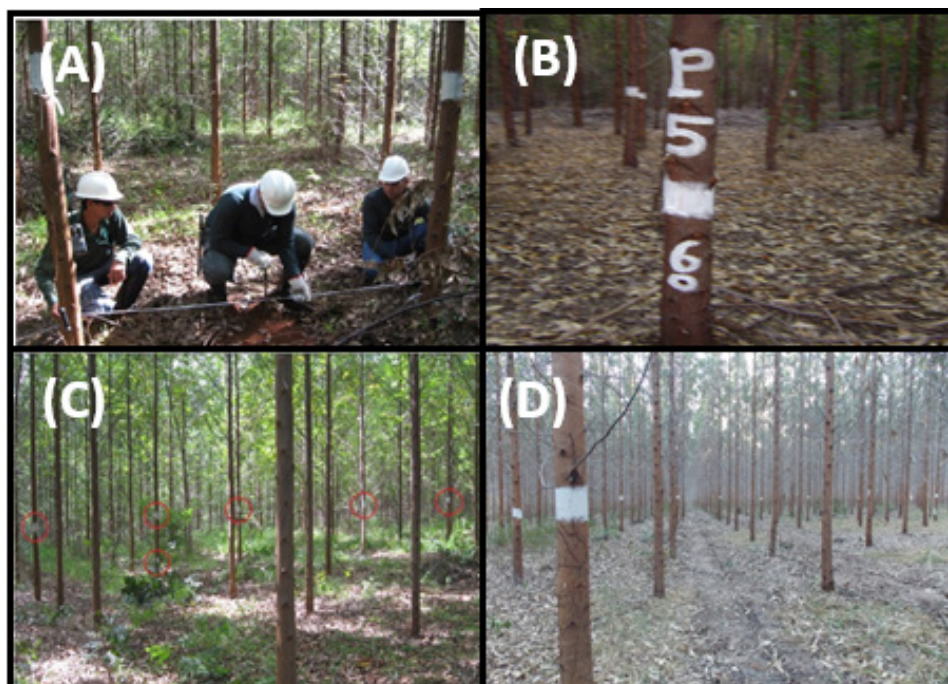
Estatísticas da Volumetria	
R-Quadrado Ajustado %	99,7%
Erro Médio Padrão (Syx%)	-0,05%
Erro em Metros Cúbicos	0,000
Valor de P, para a interseção	5,7056E-63
Valor-P, para LnDap	1,13397E-51
Valor-P, para LnH	9,38262E-29
Parâmetros	
Bo	-9,923678873
B1	1,924605323
B2	0,939732917

Figura 2. Gráfico do modelo ajustado diâmetro de relação C.A.P. ($C.A.P/P_i$), parcela 14.



Todos os tratamentos foram repetidos 30 vezes (30 parcelas), sendo que a quantidade de árvores por parcela se apresentou entre 37 e 66 unidades, com média de 50 árvores, em função do espaçamento das florestas, e o total de árvores abatidas e cubadas foi de 1.485 unidades, para obtenção dos melhores resultados possíveis. As amostras foram coletadas nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, em florestas com idade entre 2 e 8 anos de idade, sempre para o gênero *Eucalyptus*. As amostras coletadas tiveram seu tamanho fixo de 400m² e formato circular.

Figura 3. Parcela amostral. (A) identificação do centro do círculo da parcela amostral; (B) identificação da lotação da amostra e sua identificação; (C) e (D) limites da amostra dentro da população.



Após o ajuste, os modelos foram aplicados nas bases de dados para cada parcela, de onde se obtiveram os volumes individuais de cada árvore (fuste) e, cumulativamente, o volume de cada parcela amostral.

Tabela 3. Volumes calculados para uma parcela e seus 5 tratamentos.

Árvore	Trat.	CAP	DAP	h	M ³	M ³	M ³	M ³	Testemunha M ³
					(CAPxCAP)	(DAPxDAP)	(CAPxDAP)	(DAPxCAP)	
					T1	T2	T3	T4	T5
1	11	16,7431	16,3	26,97	0,252421722	0,2483878	0,260815218	0,24008767	0,263032129
2	11	20,1172	20,25	27,35	0,36106157	0,374328939	0,369872017	0,365526749	0,360614791
3	11	21,9634	21,15	28,7	0,448016711	0,426890389	0,457244033	0,417525299	0,481404284
4	11	4,9338	4,65	9	0,007919198	0,007705394	0,008582773	0,007089642	0,007577155
5	11	8,5944	8,4	16,15	0,041860408	0,042618672	0,044430715	0,040109514	0,044160946
6	11	9,5493	9,15	17,41	0,055250486	0,054023336	0,058391202	0,051013779	0,055563264
7	11	14,1648	13,65	25	0,170243607	0,165636476	0,177182531	0,158869657	0,183716673
8	11	16,9977	16,25	25	0,239313468	0,22750242	0,246916407	0,220025813	0,242157561
9	11	18,7803	18,4	26	0,300725913	0,297633964	0,308925739	0,289451995	0,279959083
10	11	16,8704	16,75	25,35	0,239528629	0,244056052	0,247259333	0,236344931	0,246188218
11	11	16,7113	16,75	24,85	0,2303403	0,238841218	0,237836903	0,231338438	0,227201411
12	11	15,4699	15,2	23,58	0,188481515	0,189080104	0,195234963	0,182386787	0,189520862
13	11	16,3930	15,5	24,25	0,216451895	0,201971046	0,223649383	0,194950987	0,215760401
14	11	19,4169	19,05	25,68	0,315814691	0,312820505	0,323873852	0,304759654	0,309424485
15	11	18,8758	18,5	25,7	0,299825079	0,296826312	0,307892237	0,288772685	0,298732681
16	11	4,7746	4,65	8,94	0,007395379	0,007649714	0,008027067	0,007038856	0,007090575
17	11	6,5254	6,45	12,2	0,018512812	0,019440586	0,019855972	0,018115512	0,01783457
18	11	10,1859	9,85	14,6	0,051585369	0,051047166	0,054260203	0,048453353	0,051675891
19	11	2,6101	2,35	4,9	0,00125431	0,00115084	0,001393191	0,001030955	0,001219066
20	11	4,3927	4,25	9,44	0,006710028	0,006889131	0,007315891	0,006308691	0,005944826

21	11	7,3848	7,15	12,8	0,024561071	0,024703863	0,026200323	0,023122666	0,024002439
22	11	11,4592	11,25	15	0,066173849	0,066950899	0,069233859	0,063935731	0,068312574
23	11	2,0372	1,85	4,03	0,00063992	0,000602361	0,000717876	0,000534493	0,000726622
24	11	4,1380	4,1	7,62	0,004767697	0,005115728	0,005202426	0,004686185	0,004949891
25	11	8,2124	8,6	14,2	0,033485915	0,038690993	0,035575658	0,036498249	0,035675592
26	11	14,0056	13,9	19,22	0,125655018	0,128735603	0,130521974	0,123890623	0,125852774
27	11	14,1330	13,9	19,7	0,13123051	0,13222509	0,136286526	0,127219105	0,131507658
28	11	14,6423	14,1	20,25	0,144412676	0,139821299	0,149763162	0,134584145	0,138947852
29	11	15,9792	15,5	20,12	0,168839946	0,164958821	0,174358471	0,159506584	0,161809338
30	11	17,5070	16,9	21,25	0,212352061	0,204863507	0,218454925	0,198806261	0,211896049
31	11	12,5732	12,6	19,15	0,102319626	0,107240225	0,10682602	0,102726749	0,10386371
32	11	12,8916	12,6	19,05	0,106609468	0,106633188	0,111166974	0,102150318	0,105230424
33	11	14,1966	13,95	19,35	0,129811507	0,130530304	0,134761182	0,125631234	0,127892892
34	11	16,3611	16,35	21	0,184764875	0,190430751	0,19066674	0,184530216	0,181528171
35	11	7,4166	7,25	13,51	0,026238244	0,026863632	0,027997997	0,025147977	0,024969448
36	11	13,0507	12,45	18,95	0,108465693	0,1037401	0,113030917	0,099327188	0,108390896
37	11	14,1966	13,85	19,8	0,133058917	0,132083731	0,138162447	0,127055228	0,135182035

Onde:

Árvore: são as árvores componentes das amostras.

Trat.: são os tratamentos, total de 30, repetidos 5 vezes.

h: altura total da árvore ou fuste.

M³ (CAPxCAP)T1: volume obtido por regressão utilizando a fita na amostra e na cubagem.

M³ (DAPxDAP)T2: volume obtido por regressão utilizando a suta na amostra e na cubagem.

M³ (CAPxDAP)T3: volume obtido por regressão utilizando a fita na amostra e suta na cubagem.

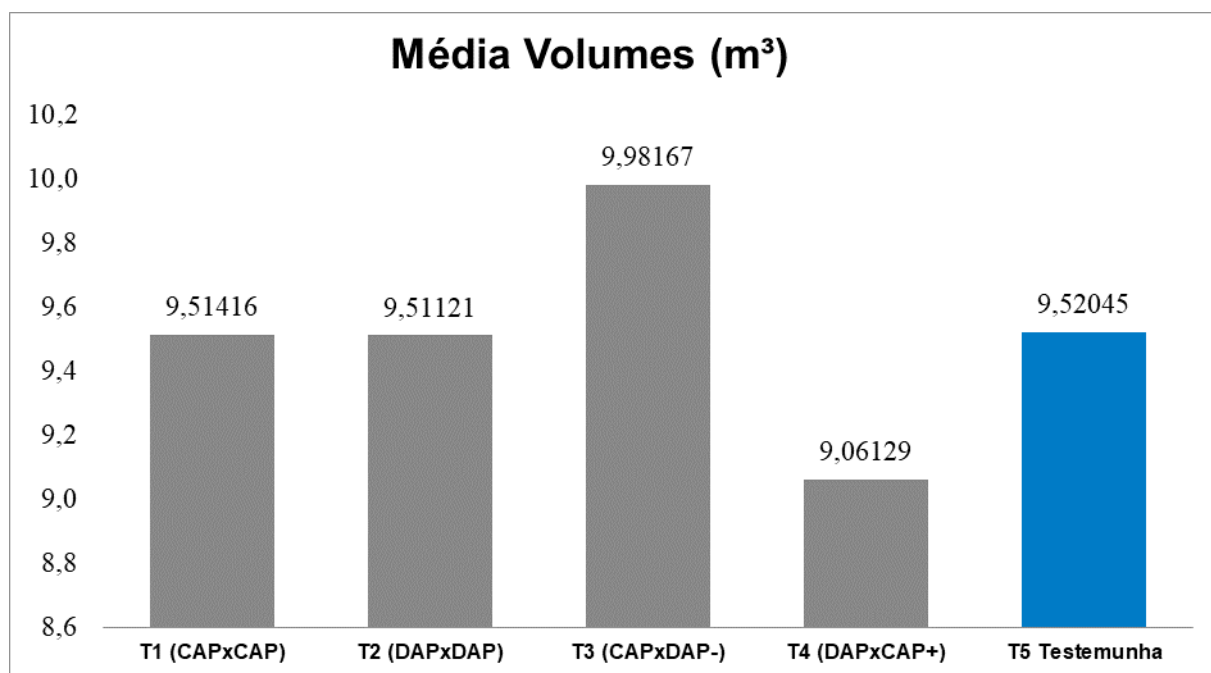
M³ (DAPxCAP)T4: volume obtido por regressão utilizando a suta na amostra e fita na cubagem.

Testemunha M³: volume obtido através da cubagem, tido nesse trabalho como o correto.

As médias obtidas foram avaliadas utilizando-se da análise de variância dos tratamentos e aplicando o teste de agrupamento de médias de Friedman, a 95% de probabilidade, e, para confirmação, o teste de Scott-Knott, também a 95% de probabilidade. Para ambos os testes, foi utilizado o *software* ASSIST Versão 7.7, do Prof. Dr. Francisco de A. S. e Silva, da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil. O foco principal foi obter qual o valor, em termos adimensionais (%), que as formas corretas e incorretas de aplicação dos modelos geram nos volumes obtidos em comparação com a testemunha.

3. RESULTADOS

Após o levantamento dos dados de campo, bem como sua tabulação e obtenção dos volumes, foram feitas as análises e interpretações para a obtenção dos resultados. Foi constatado que os volumes gerados pelos tratamentos T3 e T4, que, atualmente, muitas empresas utilizam, geraram desvios que afetam em muito na quantificação do ativo florestal. Para o tratamento T4, houve uma subestimativa média de -5,15%, variando entre -1,01% e -8,07%; para o tratamento T3, houve uma superestimativa média de +5,24%, variando entre +0,92% e +9,4%, sempre quando comparado com o volume cubado T5. Quando comparado o tratamento T5 com o tratamento T1, observou-se um desvio médio de -0,03%, variando entre -0,55% e -0,66%; já para a comparação com o tratamento T2, observou-se um desvio médio de -0,09%, variando entre -1,17% e 0,52%.

Figura 4. Gráfico apresentando os volumes médios observados.

Foi realizada a análise de variância dos dados delineados (D.B.C. – Delineamento de Blocos Casualizados), cujo resultado é apresentado abaixo:

Tabela 4. Análise de variância dos dados delineados (D.B.C.).

ASSISTAT – Versão 7.7 beta (2016) – Home page: < http://www.assistat.com >					
Por Francisco de A. S. e Silva – UFCG-Brasil – Atualiz. 01/04/2015					
EXPERIMENTO EM BLOCOS CASUALIZADOS					
QUADRO DE ANÁLISE					
FV	GL	SQ	QM	F	FCrítico
Repetições	29	3688.42823	127.18718	3704.0976**	2,701
Tratamentos	4	12.70915	3.17729	92.5328**	
Resíduo	116	3.98308	0.03434		
Total	149	3705.12046			

** significativo ao nível de 5% de probabilidade (FCrítico 2,701).

Com a observação pela análise de variância, na qual se detectou que os tratamentos são diferentes, com base no teste F, $F_{\text{crítico}}$ menor que F calculado, foram aplicados testes de agrupamento de médias para a definição dos grupos homogêneos.

Abaixo, o teste de Friedman, a 95% de probabilidade.

Tabela 5. Teste de Friedman.

ASSISTAT – TESTE DE FRIEDMAN				
Home page: < http://www.assistat.com >				
Tratamento	Repetições	Soma dos Pontos	Média	alfa-5%
1	30	87.0000	2.9000	b
2	30	81.0000	2.7000	b
3	30	150.0000	5.0000	c
4	30	30.0000	1.0000	a
5	30	102.0000	3.4000	b

Tabela 6. Comparações múltiplas.

Comparação	Diferença	Comparações múltiplas		
		Diferença Crítica	alfa	Diferentes
1 – 2	0.2	1.1137	0.05	Não
1 – 3	2.1	1.1137	0.05	Sim
1 – 4	1.9	1.1137	0.05	Sim
1 – 5	0.5	1.1137	0.05	Não
2 – 3	2.3	1.1137	0.05	Sim
2 – 4	1.7	1.1137	0.05	Sim
2 – 5	0.7	1.1137	0.05	Não
3 – 4	4	1.1137	0.05	Sim
3 – 5	1.6	1.1137	0.05	Sim
4 – 5	2.4	1.1137	0.05	Sim

Para a confirmação dos grupos formados, foi aplicado o teste de Skott-Knott, que apresenta uma sensibilidade mais apurada, o qual é apresentado abaixo:

Tabela 7. Teste de Skott-Knott.

ASSISTAT – TESTE DE SCOTT-KNOTT		
Home page: < http://www.assistat.com >		
Médias de tratamento		
1	9.51416	b
2	9.51121	b
3	9.98167	a
4	9.06129	c
5	9.52045	b
MG = 9.51775	Ponto médio = 10.47212	CV% = 1.95

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Pode-se inferir, tomando como base as médias obtidas em cada tratamento, bem como a análise de variância e os testes de agrupamento das médias, que os tratamentos T1 e T2 são estatisticamente iguais à testemunha absoluta, sendo o contrário para os tratamentos T3 e T4, pois ambos apresentaram médias com desvios na ordem de +/-5%; portanto, não é recomendável a utilização desses procedimentos nas estimativas de volumes em pé para o ativo biológico do gênero *Eucalyptus*.

4. DISCUSSÃO

Este trabalho é desenvolvido com o objetivo principal de buscar melhores estimativas de volumes de uma floresta em pé, sem abate de árvores. Observamos que, conforme Scolforo (1994), os modelos ou equações prestam para propiciar a estimativa de volume de árvores individuais, e estes podem, quando bem modelados, levar a estimativas precisas. Porém, o que foi notado, nesta pesquisa de campo, foi que a literatura trata de forma muito superficial a questão dos diâmetros de relações volumétricas; nesse sentido, empresas vêm utilizando de forma equivocada os ajustes de modelos em detrimento da forma na qual se coletam os dados de campo, o que vem se traduzindo, em viés, nos resultados das estimativas volumétricas do ativo florestal. É muitíssimo importante levar em consideração o domínio das transformações de variáveis, pois elas podem levar a desvios congênicos e exponenciais quando utilizadas em modelos de regressão linear ou não linear, fato esse aqui constatado, ao observarmos que a simples transformação da circunferência em diâmetros, utilizando a divisão pela constante π , leva a diâmetros

tendenciosamente maiores, o que é natural à luz do dia, pois os caules das árvores não são cilindros perfeitos, e essas tortuosidades ocasionam tais diferenças.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apoiados por este trabalho de pesquisa de campo, em que foram controladas todas as variáveis envolvidas na pesquisa com o mais alto rigor que um estudo deste requer, e fundamentado nos resultados obtidos de forma clara e evidente, observamos que não se devem diferir as formas de coleta de dados nas operações de inventário florestal (medição de parcelas amostrais) e na cubagem biométrica de árvores, ou seja, entre essas duas atividades, tem de haver um elo, que, nesse caso, são os diâmetros de relação. Podemos argumentar que a não aplicação dessa regra leva a erros na estimativa do ativo biológico, variável quantitativa de volume em m³, fato constatado nas diferenças do tratamento T3 e T4, na ordem de 5%. Dessa forma, este trabalho vem esclarecer tais vieses, que, no dia a dia, ainda acontecem, e corroborar no sentido de que se use, de forma correta, a aplicação de modelos de estimativas volumétricas no gênero *Eucalyptus*. Como sugestão, seria muito interessante que novos estudos fossem realizados acerca deste tema, principalmente com outros gêneros, como *Pinus*, *Tectona Grandis*, entre outros, uma vez que o mesmo assunto em pesquisa não é encontrado na literatura florestal, o que levou ao desenvolvimento deste importante estudo e artigo técnico.

REFERÊNCIAS

- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. *Experimentação agrícola*. Jaboticabal: Funep, 1989.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; SCOLFORO, J. R. S. *Biometria florestal: medição e volumetria de árvores*. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998.
- GARCIA, C. H.; GOMES, F. P. *Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais*. Piracicaba: FEALQ, 2002.
- GOMES, F. P. *Estatística experimental*. Piracicaba: Esalq/Livraria Nobel S.A., 1985.
- SILVA, F. A. S. The ASSISTAT software: statistical assistance. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 6, 1996, Cancun. *Proceedings...* Cancun: American Society of Agricultural Engineers, 1996. p. 294-298.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional ASSISTAT para o sistema operacional Windows. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.
- _____. A new version of the ASSISTAT – statistical assistance software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, 2006, Orlando. *Proceedings...* Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006. p. 393-396.
- _____. Principal components analysis in the software ASSISTAT – statistical attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, 2009, Reno. *Proceedings...* Reno: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.
- SCOLFORO, J. R. *Modelos para expressar o crescimento e a produção florestal: parte 1*. Lavras: FAEPE/UFLA, 1994.

Desenvolvimento de uma interface para controle computadorizado do canhão de Gauss

Ricardo Quirino de SALES¹

Marcos Roberto MENDES²

Giandr  TARESKEVITIS³

Resumo: Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma interface de controle computadorizado para as fun es de um canhão de Gauss previamente desenvolvido e que a princípio possuía apenas controle e acionamento de forma manual. A função deste artigo é descrever o processo de desenvolvimento da parte lógica (*software*) e da parte física (*hardware*) desta interface de controle, bem como apresentar uma soluço para que seja possível o controle de forma automática, possibilitando maior precisão no controle da energia armazenada nos capacitores, automatizando a fun o de disparo, efetuando a descarga segura do banco de capacitores e evitando risco de choques elétricos durante o processo de opera o, obtendo uma melhoria significativa em todos os aspectos deste projeto.

Palavras-chave: Canhão de Gauss. Controle Computadorizado. Interface de Controle.

¹ **Ricardo Quirino de Sales.** Bacharelando em Engenharia Elétrica pelo Claretiano – Centro Universitário, Polo de Rio Claro (SP).
E-mail: <ricardoqsales@gmail.com>.

² **Marcos Roberto Mendes.** Bacharelando em Engenharia Elétrica pelo Claretiano – Centro Universitário, Polo de Rio Claro (SP).
E-mail: <marcosmendes.gouvea@gmail.com>.

³ **Giandr  Tareskevitis.** Especialista em MBA – Gestão de Projetos. Bacharel em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Central Paulista (UNICEP). Docente do Claretiano – Centro Universitário, Polo de Rio Claro (SP), na disciplina de Circuitos Elétricos, dos cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia Mecatrônica e Engenharia Mecânica. *E-mail:* <giandreeng@gmail.com>.

Development of an interface for Gauss Cannon's computer control

Ricardo Quirino de SALES

Marcos Roberto MENDES

Giandr  TARESKEVITIS

Abstract: This paper presents the development of a computerized control interface for functions of a Gauss cannon that was previously developed and initially had only control and drive manually. The purpose of this article is to describe the process of development of logical part (software) and physical part (hardware) of this interface of control and provides a solution to make it possible to control it automatically, enabling more precise control of the energy stored in the capacitor, automating the shooting function, making the safe discharge of the capacitor bank and avoiding risk as electric shock during process operation, achieving a significant improvement in all aspects of this project.

Keywords: Gauss Cannon. Computerized Control. Control Interface.

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que o canhão de Gauss consiste em um acelerador magnético linear com a finalidade de lançar projéteis.

No semestre passado, como atividade acadêmico-científico-cultural, foi desenvolvido um dispositivo denominado Canhão de Gauss, e foi constatado que o controle manual da energia armazenada nos capacitores não era totalmente eficiente, pois não havia uma maneira precisa de saber quando os capacitores estavam efetivamente carregados.

Para solucionar esse problema, foi desenvolvida uma interface computadorizada visando maior precisão no controle do canhão de Gauss.

Apesar de essa interface de controle ter sido desenvolvida para o canhão de Gauss, é possível utilizá-la para os mais diversos projetos de pequena automação.

O *software* de controle foi desenvolvido no ambiente Microsoft Visual Studio, utilizando a linguagem de programação C#. O *software* de controle é responsável por gerenciar a carga dos capacitores que fornecem a energia para a bobina do canhão de Gauss, acionar o circuito de disparo e o circuito de segurança que descarrega os capacitores para evitar o risco de choque elétrico.

O *hardware* é formado por uma placa controladora que se comunica com o computador através da porta de comunicação paralela, que recebe as informações de comando via *software* e executa as instruções de carga e descarga dos capacitores e de disparo conforme a função selecionada pelo usuário.

2. OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma placa eletrônica para atuar como interface de comunicação entre um computador padrão IBM-PC e o canhão de Gauss, provendo controle automático de suas funções básicas, informando ao usuário sobre a situação em que se encontra o banco de capacitores onde é armazenada a energia para o disparo.

A implementação de um sistema de segurança também foi um ponto importante, pois o circuito trabalha com níveis de tensão que podem ser perigosos, por isso, foram adicionados ao projeto a função de descarga de energia dos capacitores e o sistema de intertravamento digital via *software*, que impede que mais de uma função seja acionada simultaneamente, evitando riscos de acidentes como curtos-circuitos e choque elétrico.

Para realizar a comunicação entre a interface de controle e o computador foi escolhida a porta paralela, devido a sua menor complexidade e ao fato de não ser preciso construir circuitos auxiliares, pois essa porta possibilita a comunicação direta de dados entre o *hardware* da interface de controle e o *software* de comunicação, que por sua vez interage com o usuário.

3. PROBLEMA E HIPÓTESE

Quando o protótipo do canhão de Gauss foi desenvolvido, foi constatado que não era possível saber com exatidão quando os capacitores estavam totalmente carregados, ou seja, não era possível prever o momento correto para efetuar um disparo com o máximo de desempenho possível. Outro problema detectado foi a falta de um sistema de segurança para descarregar totalmente o banco de capacitores.

Entende-se que com o sistema automatizado o canhão terá maior precisão, pois o *software* controla o processo de carga, disparo do projétil e descarga de segurança do banco de capacitores através das constantes de tempo, informando ao usuário quando o canhão de Gauss está pronto para disparar com o máximo de energia disponível, provendo, assim, um funcionamento totalmente otimizado.

4. BASE TEÓRICA

Esta seção apresenta os conhecimentos básicos necessários para o perfeito entendimento do projeto.

5. O CANHÃO DE GAUSS

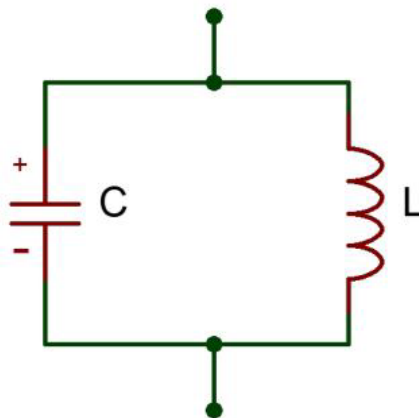
Sabe-se que o canhão de Gauss, ou canhão eletromagnético, é um acelerador de projéteis constituído de uma bobina usada como eletroímã na configuração de um motor linear de indução que acelera um projétil ferromagnético a altas velocidades.

Para energizar a bobina, utilizou-se um banco de capacitores com a finalidade de fornecer em um único pulso a energia necessária para o disparo.

Quando os capacitores se encontram inicialmente carregados com um determinado potencial e o canhão de Gauss é acionado, o circuito é fechado e a bobina é ligada em série aos capacitores, formando, basicamente, um circuito LC (JOHNSON et al., 1994).

Um circuito LC é um circuito em que um capacitor e um indutor estão ligados em série como mostra a Figura 1.

Figura 1. Circuito LC.



Fonte: acervo dos autores.

Uma corrente surge nesse circuito e através dela a energia acumulada no banco de capacitores passa a se transferir para a bobina eletromagnética.

O processo terá atingido seu ponto máximo quando toda a energia do banco de capacitores tiver sido transferida para a bobina. A partir desse ponto, a energia acumulada na bobina passa a se transferir para os capacitores, através do surgimento de uma corrente contrária à corrente inicial, conhecida também como corrente reversa (ALEXANDER; SADIKU, 2013).

6. COMUNICAÇÃO PARALELA

Uma forma muito utilizada para a comunicação entre dois dispositivos eletrônicos é a comunicação paralela, ou porta paralela. Inicialmente, esse tipo de comunicação era utilizado apenas para conectar impressoras, mas posteriormente foram desenvolvidos vários equipamentos que se utilizam desse tipo de porta para enviar e receber dados de um computador (VASCONCELOS, 2007).

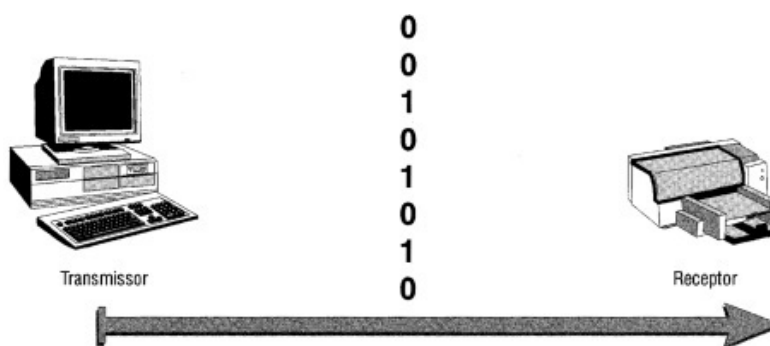
Nesse tipo de comunicação os dados são enviados diretamente do transmissor ao receptor. Apesar de ser um método muito eficiente, possui a desvantagem de ser suscetível a ruídos, portanto, não deve ser utilizada para a comunicação de dispositivos que estejam fisicamente muito longe um do outro (TORRES, 2001).

O funcionamento da porta paralela é extremamente simples, a troca de dados é realizada através de um dos endereços de entrada e saída do computador, conhecidos como "I/O". No caso da porta paralela, seu endereço pode ser 278h ou 378h, dependendo da configuração adotada no computador a ser utilizado (VASCONCELOS, 2007).

Para o computador enviar um dado para um determinado dispositivo, a informação é enviada para o endereço correspondente desse dispositivo, de tal forma que a transferência de dados é feita a oito bits por vez (TORRES, 2001).

A Figura 2 mostra o funcionamento da porta paralela, enviando oito bits simultaneamente.

Figura 2. Funcionamento da interface paralela.



Fonte: Torres (2001).

A porta paralela pode operar nos modos unidirecional, bidirecional e avançado. No modo unidirecional ocorre apenas o envio de dados; no modo bidirecional são possíveis o envio e o recebimento de dados; e no modo avançado ocorrem o envio e o recebimento de dados a taxas mais elevadas de transmissão.

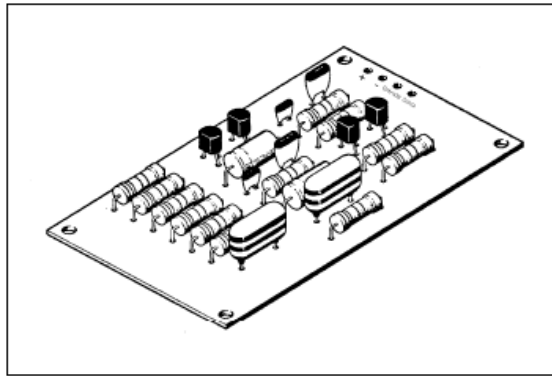
7. PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

Antigamente os componentes de um circuito eletrônico produzido industrialmente eram montados sobre pontes de material isolante, mas com a evolução dos processos de fabricação e a necessidade de miniaturização dos componentes eletrônicos, surgiu o circuito impresso (SENAI, 1985).

O processo de fabricação em circuito impresso apresenta diversas vantagens em relação aos processos utilizados anteriormente, entre elas, destacam-se: a eliminação de fiação entre os componentes, padronização da montagem em linhas de produção, fácil acesso para medições nos componentes eletrônicos e o melhor acabamento final do produto (COOMBS, 1979).

As placas de circuito impresso são constituídas de trilhas de um material condutor, geralmente o cobre, que são impressas em uma chapa de material isolante. As trilhas substituem os fios nas ligações entre os componentes eletrônicos, como mostrado na Figura 3.

Figura 3. Placa de circuito impresso.



Fonte: SENAI (1985).

8. PLATAFORMA .NET DA MICROSOFT

.NET (pronuncia-se *dot net*) é uma plataforma de *software* que conecta informações, sistemas, pessoas e dispositivos. Possibilita que sistemas e aplicativos, novos ou já existentes, independentemente do sistema operacional, do tipo de computador ou de dispositivo móvel utilizado e até mesmo de qual linguagem de programação tenha sido utilizada na sua criação, consigam se comunicar e trocar informações (RICHTER, 2005).

Quando se programa em .NET, o código é escrito para a plataforma, sendo completamente independente de qualquer sistema ou dispositivo.

9. MICROSOFT VISUAL STUDIO

O *Microsoft Visual Studio* é um ambiente de desenvolvimento integrado para criação, documentação e codificação de programas escritos em diversas linguagens de programação como C#, C++ e Visual Basic, esse ambiente de desenvolvimento é uma poderosa ferramenta para criar aplicativos de missão e comercialização crítica de forma ágil e segura (DEITEL et al., 2003).

Com essa plataforma de desenvolvimento de *software* é possível criar programas com uma interface visual amigável para o usuário de forma rápida e simples, reduzindo consideravelmente o tempo de desenvolvimento do projeto, pois o programador não precisa se preocupar com a criação de elementos visuais como menus, formulários, janelas, botões etc.

Linguagem de programação C#

Uma das linguagens de programação mais utilizadas atualmente é a linguagem de programação C# (pronuncia-se *C Sharp*), com a linguagem C# é possível criar desde aplicações simples até aplicações complexas, e até mesmo aplicações que utilizem banco de dados, pois essa linguagem de programação atende as exigências de programadores das mais diversas áreas (SANTOS, 2010).

O C# é uma linguagem de programação totalmente orientada a objetos, na qual os programas são criados usando o ambiente de desenvolvimento integrado Microsoft Visual Studio, que possibilita a criação, execução, depuração e testes, reduzindo assim o tempo necessário para se produzir um programa totalmente funcional a uma fração do que levaria sem a utilização dessa ferramenta de desenvolvimento (DEITEL et al., 2003).

A linguagem de programação C# permite o intercâmbio entre linguagens, ou seja, é possível integrar com componentes de *software* escritos em outras linguagens de programação.

C# aproveita conceitos das linguagens de programação Java e C++, essa última sendo uma evolução da linguagem C, uma das linguagens de programação mais poderosas e difundidas pelo mundo, de tal forma que programadores com conhecimento em qualquer uma dessas linguagens podem se adaptar rapidamente e produzir um *software* de qualidade em pouco tempo (SANTOS, 2010).

A linguagem de programação C# é tão poderosa quanto C++ e proporciona recursos exclusivos que a tornam tão competitiva quanto a Java.

Nesse projeto a linguagem de programação C# foi adotada devido a sua flexibilidade e a facilidade proporcionada no desenvolvimento de *software* para o sistema operacional Windows, da Microsoft.

10. MATERIAIS E MÉTODOS

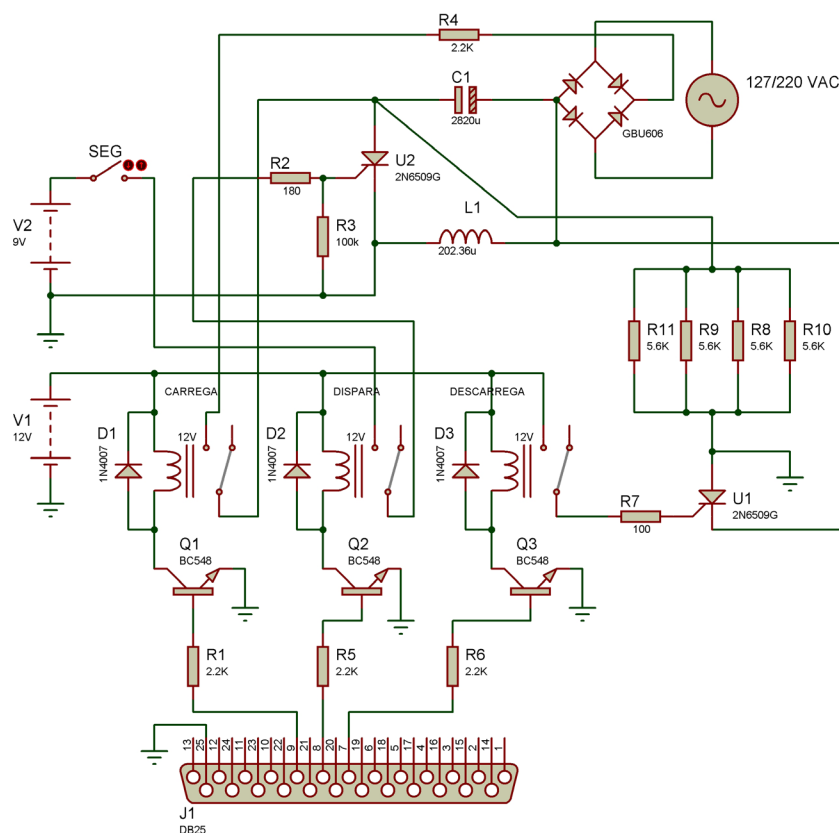
Este tópico descreve todo o processo de concepção do *hardware* e do *software* deste projeto, tendo sido baseado em revisões bibliográficas de obras pertinentes ao tema.

11. CIRCUITO ELETRÔNICO PARA A INTERFACE DE CONTROLE

O primeiro passo foi projetar um circuito capaz de comunicar-se com a porta paralela do computador, para tal, o *software* Proteus foi utilizado. Esse *software* possui um ambiente dedicado para simulação e criação de esquemas eletrônicos, chamado Isis Professional.

A Figura 4 apresenta o esquema eletrônico desenvolvido para o projeto.

Figura 4. Esquema eletrônico desenvolvido no Proteus.



Fonte: acervo dos autores.

Para a construção da placa eletrônica foram utilizados os seguintes componentes:

- 3 resistores de 2,2 k Ω ;
- 3 transistores BC548B;
- 3 diodos 1N4007;
- 3 relés 12V LEG-12;
- 1 SCR 2N6509G;
- 4 resistores 5,6 k Ω ;
- 1 porta paralela dB-25;
- 12 fêmeas banana;
- 1 placa de circuito impresso 10 x 10 cm;
- fios para conexões;
- estanho para soldagem dos componentes;
- 1 percloroeto de ferro para corrosão da placa;
- 1 bateria 12V A23;
- 1 suporte de bateria 12V A23;
- parafusos de fixação, espaçadores e pés de borracha;
- 1 placa de Duratex para a confecção de uma caixa para alojar a placa eletrônica finalizada.

Depois de desenvolver o esquema eletrônico que atendesse as necessidades do projeto, foi necessária a transferência desse circuito (*layout*) para a placa de circuito impresso virgem por um método chamado transferência térmica.

Utilizando-se um *software* CAD chamado Rhinoceros, foi desenvolvido o *layout* que posteriormente foi transferido para a placa de circuito impresso. Esse *layout* foi impresso com uma impressora a laser em papel *couché*, pois, por se tratar de um papel com textura mais lisa e brilhosa, acaba por facilitar a transferência térmica do *layout* para a placa cobreada.

Foi adquirida uma placa de circuito impresso com camada única de cobre (*single layer*) com as dimensões 10 x 10 cm, que foi limpa com uma esponja de aço e detergente para a remoção de quaisquer vestígios de poeira e gordura que pudessem atrapalhar a fixação do *layout* na superfície de cobre.

A impressão do *layout* foi cortada com as mesmas medidas da placa e colada na PCI de forma que o lado do papel com o *tonner* ficasse em contato direto com a superfície cobreada da placa.

Para que a impressão do *layout* fosse transferida corretamente para a placa, foi necessário o aquecimento desse conjunto a uma temperatura mínima de 200° Celsius por aproximadamente 20 minutos. Para realizar o processo de aquecimento, foi utilizada a resistência inferior de uma máquina de solda Infravermelho, que possui controle de temperatura digital, permitindo, assim, uma maior precisão no controle de temperatura da placa.

Após a espera de 20 minutos, o aquecimento foi interrompido e a placa com o *layout* foi mergulhada num recipiente plástico com água em temperatura ambiente e deixada em repouso por aproximadamente 30 minutos, tempo esse suficiente para que o papel *couché* se desmanchasse, fazendo com que apenas a parte impressa se fixasse na superfície de cobre.

Para que as trilhas úteis fiquem em evidência na superfície de cobre, é necessária a corrosão das áreas não cobertas pelo *tonner*. Na prática, qualquer substância que ataque o cobre pode ser usada para elaborar placas de circuito impresso – a mais utilizada é o percloroeto de ferro –, então a placa foi mergulhada numa solução de 500 ml de percloroeto de ferro durante 20 minutos.

Em seguida, a placa foi seca e, utilizando-se um perfurador de placas com diâmetro de furo de 1 milímetro, foram furadas todas as ilhas onde os terminais dos componentes eletrônicos foram inseridos. Foram efetuados 4 furos nos cantos para fixação na caixa que acomodou a placa posteriormente.

Depois da soldagem dos componentes, foram efetuados todos os testes em bancada para verificar o correto funcionamento de todos os componentes e funções do equipamento.

Na construção da caixa, que acomoda a placa de interface, foram utilizadas chapas de madeiras do tipo Duratex de 3 milímetros de espessura, com as seguintes especificações:

2 unidades de 15 x 15 cm, 4 unidades de 5 x 15 e 4 suportes de canto de 1,5 x 1,5 x 5 cm.

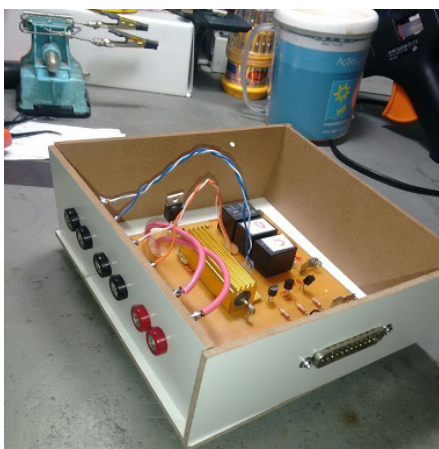
Todas as madeiras foram fixadas com parafusos entre si para que formassem uma pequena caixa e em seguida a placa de interface foi fixada em seu interior, juntamente com 4 pés de borracha na parte inferior.

Em seguida, foram feitos 6 furos de 8 milímetros de diâmetro, para a fixação das fêmeas de *plug* banana e um recorte de 4 x 1 cm para a fixação da porta paralela.

Com alguns fios foram feitas as ligações entre os relés e aos *plugs* bananas, bem como a ligação entre a porta paralela e a placa de interface.

Com a placa de circuito impresso finalizada, deu-se início ao processo de soldagem dos componentes eletrônicos, concluindo-se, assim, o processo de construção do circuito eletrônico para a interface paralela. A Figura 5 mostra a interface de controle finalizada e devidamente alojada.

Figura 5. Interface de controle finalizada.



Fonte: acervo dos autores.

12. FUNCIONAMENTO DA INTERFACE DE CONTROLE

Quando o nível lógico de uma das saídas da porta paralela é mantido ligado (5V), resulta no surgimento de uma corrente de base no transistor BC548B, limitada pelo resistor de base de 2.2k Ω , saturando o transistor e assegurando que seu funcionamento seja similar a uma chave eletrônica, ou seja, fazendo com que as junções emissor e coletor se comportem como um curto circuito, o que conseqüentemente faz com que a bobina do relé controlada por ele seja energizada e a ação desejada de carregar ou disparar seja executada, substituindo as chaves manuais do projeto inicial.

Para a ação de descarregar, o funcionamento ocorre de maneira similar às funções de carregar e disparar, com a diferença de que, como os contatos do relé não suportariam a alta corrente necessária para descarregar o banco de capacitores, utilizou-se o SCR 2N6509G como uma chave eletrônica de alta potência e este efetua a descarga do banco de capacitores, que por se tratar de um componente eletrônico mais robusto, suporta correntes e tensões elevadas.

Foram utilizados diodos 1N4007 em paralelo com cada bobina do relé, evitando-se, assim, uma corrente reversa, gerada quando a bobina do relé é desligada, protegendo todo o sistema contra eventuais danos em seus componentes eletrônicos.

Para a conexão entre a placa de interface e o canhão de Gauss foram utilizados cabos banana, que foram ligados em paralelo com as chaves originais existentes, fazendo com que o canhão de Gauss possa ser controlado tanto manualmente quanto pelo *software*, agregando uma maior versatilidade ao projeto inicial. A Figura 6 mostra a interface de controle conectada ao canhão de Gauss e ao computador.

Figura 6. Interface de controle ligada ao computador e ao canhão de Gauss.



Fonte: acervo dos autores.

13. SOFTWARE DE CONTROLE

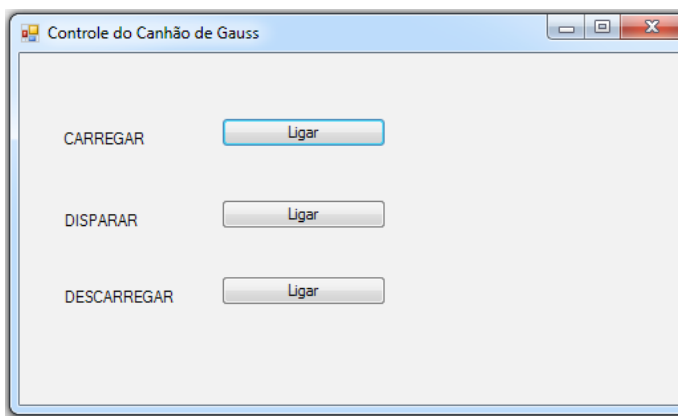
O *software* desenvolvido em linguagem C# para esse projeto é capaz de fazer a comunicação entre a placa eletrônica de controle e o canhão de Gauss, monitorando a carga do banco de capacitores, as funções de disparo, de descarga do banco e informando ao usuário a condição em que os capacitores se encontram, provendo ao usuário o controle total das funções do canhão de Gauss através de uma interface simples e intuitiva.

Para conseguir acesso à porta paralela nas versões mais recentes do sistema operacional Windows, da Microsoft, foi preciso o uso de uma DLL (Dinamic Link Library). A DLL Inpout32.DLL possui as rotinas de entrada e saída necessárias para o acesso à porta paralela, bem como o *driver* de controle que faz a comunicação com o núcleo do sistema operacional.

Uma DLL é uma biblioteca de ligação dinâmica, contém códigos e dados que podem ser usados por mais de um programa ao mesmo tempo, economizando espaço em disco e memória do sistema (LIMA; REIS, 2002).

A parte gráfica do *software* de controle foi criada utilizando o Microsoft Visual Studio 2010, possibilitando a criação de uma interface simples, onde o usuário pode facilmente controlar o dispositivo e obter todas as informações referentes ao funcionamento do canhão de Gauss. A Figura 7 mostra o *software* de controle.

Figura 7. *Software* de controle.

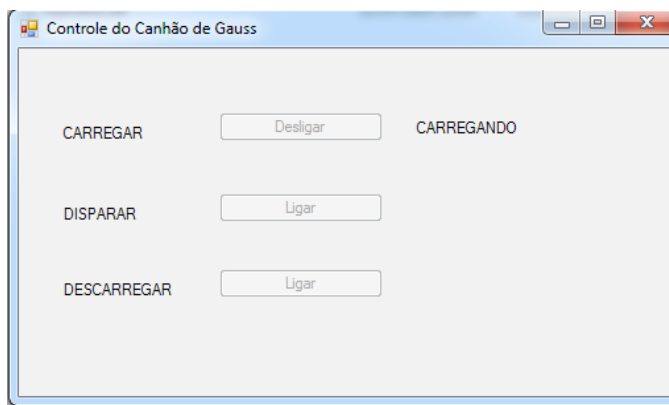


Fonte: acervo dos autores.

O *software* conta com um sistema de intertravamento digital, que não permite que o usuário selecione mais de uma função simultaneamente, evitando danos ao equipamento e também garantindo a segurança do usuário em todas as etapas do processo.

Quando um botão é acionado, os outros são desabilitados, impossibilitando que as outras funções sejam acessadas pelo usuário até que o processo atual seja concluído como mostra a Figura 8.

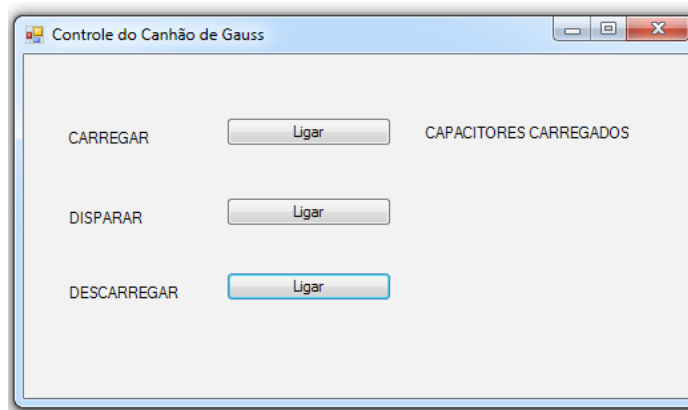
Figura 8. *Software* de controle.



Fonte: acervo dos autores.

Logo após a carga dos capacitores, o *software* informa que eles estão carregados, conforme a Figura 9.

Figura 9. Programa informando a situação dos capacitores.



Fonte: acervo dos autores.

14. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema desenvolvido possui um grau de complexidade médio, pois foi preciso definir algumas regras para o correto controle do dispositivo em questão, como as constantes de tempo de carga e descarga dos capacitores e o intertravamento digital, bem como o comando de disparo do canhão de Gauss.

O projeto proporcionou conhecimento teórico e empírico em todo o processo de desenvolvimento e agregou habilidades importantes no que diz respeito ao controle de dispositivos externos ao computador, através das interfaces de entrada e saída.

O sistema desenvolvido alcançou os resultados desejados, pois conseguiu enviar os dados através da porta paralela do computador para a placa eletrônica desenvolvida, que respondeu aos comandos enviados com precisão, controlando efetivamente todas as funções do canhão de Gauss, que disparou o projétil, obedecendo aos comandos enviados pela interface de controle.

15. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas automatizados têm se mostrado cada vez mais presentes no cotidiano da sociedade, seja no âmbito industrial, seja nas residências, percebe-se cada vez mais a necessidade de produtos inteligentes. Assim, este artigo científico conciliou o tema desenvolvimento de uma interface computadorizada com um dos mais importantes eventos da faculdade de engenharia elétrica, que é a construção de um canhão de Gauss.

Ao longo deste trabalho, percebeu-se a importância do desenvolvimento de sistemas que sejam capazes de prover a automação de dispositivos usados em indústrias, residências e em praticamente todos dispositivos que fazem parte do cotidiano das pessoas. Ter conhecimento das possibilidades de sistemas controlados por computador é de suma importância, uma vez que a sociedade moderna exige sistemas cada vez mais completos, a fim de resolver problemas cada vez mais complexos.

O método adotado para o desenvolvimento desse projeto viabilizou de maneira simples o controle do canhão de Gauss, já que todo o sistema foi desenvolvido com componentes eletrônicos de baixa complexidade.

REFERÊNCIAS

- AHMED, A. *Eletrônica de potência*. São Paulo: Prentice Hall, 2000.
- ALEXANDER, C.; SADIKU, M. N. O. *Fundamentos de circuitos elétricos*. Porto Alegre: AMGH, 2013.
- COOMBS JR., C. F. *Printed circuit's handbook*. New York: Mc Graw-Hill Book Company, 1979.
- DEITEL, H. M. et al. *C# como programar*. São Paulo: Pearson Education, 2003.
- JOHNSON, D. E.; HILBURN, J. L.; JOHNSON, J. R. *Fundamentos de análise de circuitos elétricos*. Rio de Janeiro: Prentice Hall, 1994.
- LIMA, E.; REIS, E. *C# e .NET: guia do desenvolvedor*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2002.
- RICHTER, J. *Programação aplicada com Microsoft.NET framework*. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- SANTOS, L. C. *Microsoft Visual C # 2010 Express: aprenda a programar na prática*. São Paulo: Editora Erica, 2010.
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (SENAI). *Divisão de ensino e treinamento*. Circuito impresso – Processo manual. Rio de Janeiro: SENAI, 1985.
- TORRES, G. *Hardware curso completo*. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2001.
- VASCONCELOS, L. *Hardware na prática*. Rio de Janeiro: LVC, 2007.

Determinação da vida útil do pino do caracol do moedor de carne por análise de falha por fadiga de alto ciclo por elementos finitos dinâmicos

Cristiano de Jesus BONATTI¹

Rafael Cristóvão L. P. VASQUES²

Reginaldo José VEDOVELLO³

Rodrigo Antônio VICENTINI⁴

Resumo: A engenharia se depara com diversos problemas que podem ser apresentados sob formas de equações com derivadas parciais, fortemente vinculadas a análises de desempenho em estruturas ou componentes mecânicos. Muitas vezes, para se analisar de forma exata certos problemas, os engenheiros se apóiam nos métodos de análise por elementos finitos, que atualmente são o método numérico mais utilizado para analisar com precisão tais tipos de problemas, sejam estes estruturais ou de componentes mecânicos. Com a expansão tecnológica e o auxílio dos sistemas computacionais, as técnicas de análise por elementos finitos vêm ganhando um espaço maior e mais definido dentro de projetos mecânicos por meio de *softwares* de engenharia específicos para tais análises. Este artigo apresenta uma análise por elementos finitos do pino do caracol do moedor de carne. O objetivo principal desta análise foi avaliar o pino do caracol do moedor de carne por meio de sistema computacional, utilizando o *software* para análise de elementos finitos Simulation Mechanical Autodesk® e, por meio da análise de falha por fadiga de alto ciclo, mensurar a vida útil desse componente mecânico, levando em consideração as cargas de compressão e torção aplicadas no pino, devido a sua solicitação na montagem do moedor de carne. O pino é uma das peças fundamentais desse equipamento, por ser a peça que faz a transmissão direta do caracol com a cruzeta propriamente dita, responsável pelo corte da carne em seu processo final para o resultado de moenda da carne.

Palavras-chave: Cruzeta Moedor de Carne. Pino Moedor de Carne. Pino do Caracol.

¹ **Cristiano de Jesus Bonatti.** Graduando em Engenharia Mecânica pelo Claretiano – Centro Universitário, Polo de Rio Claro (SP).
E-mail:<cjbonatti@yahoo.com.br>.

² **Rafael Cristóvão L. P. Vasques.** Graduando em Engenharia Mecânica pelo Claretiano – Centro Universitário, Polo de Rio Claro (SP).
E-mail:<rafaelcrys@hotmail.com>.

³ **Reginaldo José Vedovello.** Graduando em Engenharia Mecânica pelo Claretiano – Centro Universitário, Polo de Rio Claro (SP).
E-mail:<rvedovelo@ig.com.br>.

⁴ **Rodrigo Antonio Vicentini.** Especialista em pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Bacharel em Engenharia Mecânica pela Universidade Paulista (UNIP).

Determination of meat grinder worm thread shaft lifecycle under analysis of high-cycle fatigue failure by dynamic finite elements

Cristiano de Jesus BONATTI
Rafael Cristóvão L. P. VASQUES
Reginaldo José VEDOVELLO
Rodrigo Antônio VICENTINI

Abstracts: Engineering faces several problems that can be presented in form of partial derivative equations, strongly linked to performance analysis in structures or mechanical components. Often, in order to accurately analyze certain problems, engineers lean on finite element analysis methods, which are currently the numerical method most used to accurately analyze such kind of problems, whether structural or mechanical components. With the technological expansion and the assistance of computer systems, finite element analysis techniques have been gaining a larger and more defined space inside mechanical projects through specific engineering software for such analysis. This article presents a finite element analysis of meat grinder worm thread shaft. The main objective of this analysis was to evaluate the meat grinder worm thread shaft by means of a computer system, using the software for finite elements analysis Simulation Mechanical Autodesk® and, through the high cycle fatigue failure analysis, measure the lifecycle for this specific mechanical component, taking into account the compressive and torsional loads applied to the shaft, due to the fact that it is requested on meat grinder assembling. The shaft is one of the fundamental pieces in this equipment, since it is the part that makes the direct transmission between the worm thread and the crosshead, responsible for cutting the meat at the final process for the meat grinding result.

Keywords: Meat Grinder Crosshead. Meat Grinder Shaft. Meat Grinder Worm Thread Shaft.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao aumento da capacidade de processamento dos computadores no decorrer dos anos, houve também o crescimento de muitas ferramentas computacionais com o objetivo de viabilizar a realização de simulações que representam de forma muito fiel os problemas reais de engenharia, tanto em análises estruturais, como em análises de componentes mecânicos, por meio de modelos matemáticos por cálculos numéricos pelo método dos elementos finitos.

Este artigo tem como tema a análise de falha por fadiga de alto ciclo, pelo método dos elementos finitos, do pino do caracol do moedor de carne, que será analisado por meio de sistema computacional pelo *software* para análise de elementos finitos Simulation Mechanical Autodesk® e tendo como base o método de análise de Von Misses. O objetivo principal desta análise é avaliar o pino do caracol do moedor de carne por meio de um sistema computacional e mensurar a vida útil desse componente mecânico, levando em consideração as cargas de compressão e torção aplicadas no pino, devido a sua solicitação na montagem do moedor de carne, considerando também a sua forma geométrica e o material empregado em sua fabricação, bem como também o tratamento térmico ao qual ele é submetido.

O pino do caracol é uma das peças fundamentais do moedor de carne, por ser a peça que faz a transmissão direta de giro e torque do caracol com a cruzeta propriamente dita, sendo assim responsável pelo funcionamento crucial desse equipamento, que é o corte da carne em seu processo final, resultando na moagem da carne.

O moedor de carne industrial é composto de vários componentes mecânicos, como o motor responsável pelo movimento rotativo e transmissão de potência para o sistema de moagem da carne, as engrenagens responsáveis pela transmissão, o caracol responsável pela compressão e movimentação da carne pelo bocal, onde fica todo o sistema de moagem da máquina, composto pelo caracol, pelo pino do caracol, pela cruzeta e pelo disco perfurado com furações de um determinado diâmetro, por onde passará a carne moída.

Como citado anteriormente, é nessa montagem que o pino do caracol está submetido a solicitações de cargas de compressão e torção que serão os pontos de análise deste artigo. A Figura 1 mostra um tipo de moedor de carne industrial.

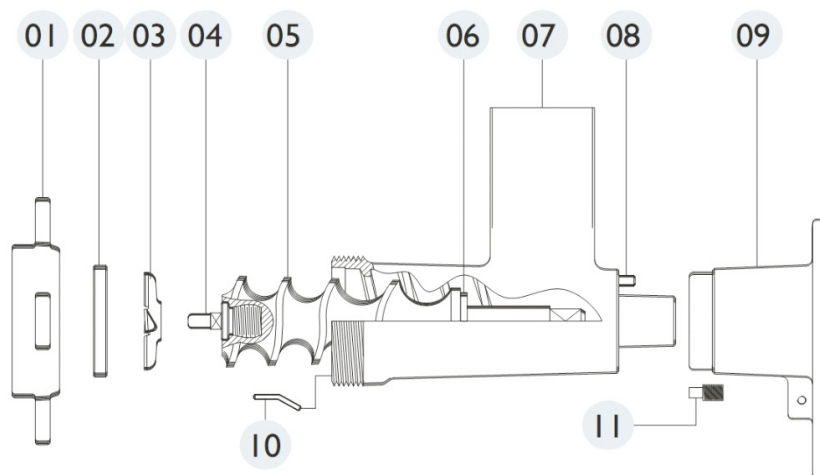
Figura 1. Moedor de carne industrial.



Fonte: acervo dos autores.

A Figura 1 mostra um moedor de carne industrial motorizado com um motor 1.25 CV de potência. O material a ser processado no moedor é depositado sobre a bandeja superior da máquina e as quantidades são direcionadas para o bocal de entrada do equipamento, a partir de onde é transportado e triturado pelo sistema de moagem, que pode ser visto na Figura 2.

Figura 2. Vista explodida do sistema de moagem.



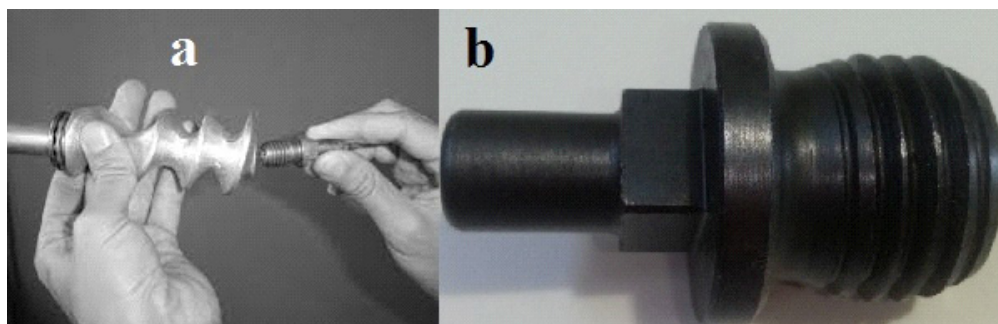
Fonte: acervo dos autores.

Como mostra a Figura 2, o sistema de moagem é formado por componentes mecânicos metálicos de acordo com a listagem a seguir:

- 01 Volante.
- 02 Disco (Furo 5mm).
- 03 Cruzeta.
- 04 Pino Do Caracol.
- 05 Caracol.
- 06 Arruela do Caracol.
- 07 Bocal.
- 08 Trava do Bocal.
- 09 Frente.
- 10 Chaveta (Trava do Disco).
- 11 Bujão Nível do Óleo (S/Furo).

A seguir, a Figura 3a detalha a montagem do pino no caracol; já a Figura 3b mostra apenas o pino.

Figura 3. Detalhes envolvendo o pino e o caracol.



Fonte: acervo dos autores.

2. METODOLOGIA

A metodologia empregada no trabalho científico foi de estudo de caso, buscando o conhecimento científico sobre a problemática relacionada à engenharia mecânica. Os objetivos serão descritos por meio dos dados obtidos durante as análises realizadas.

Por meio da análise estrutural e por fadiga do componente mecânico confeccionado com material aço SAE-1045 (temperado e revenido, dureza entre 40 e 44 HRC), utilizando o *software* Simulation Mechanical Autodesk®, foi levantado o número de ciclos de vida útil do “pino do caracol”.

3. DESENVOLVIMENTO

Fadiga

Para a determinação das propriedades dos materiais relacionados ao diagrama tensão-deformação, aplica-se a carga gradualmente, dando tempo suficiente para o surgimento das deformações. Em condições normais, o corpo de prova é testado até sua destruição, as tensões são aplicadas somente uma vez. Essas condições são conhecidas como condições estáticas e aparecem de modo semelhante em componentes estruturais e mecânicos. Entretanto, em muitos tipos de estruturas, os valores de tensões variam ao longo do tempo. Por exemplo, se um elemento está sobre a superfície de um eixo rotativo, sujeito a ação de cargas de flexão, o mesmo ficará submetido à tração e à compressão a cada rotação do eixo. Se, adicionalmente, o eixo for carregado também axialmente (fenômeno causado, por exemplo, por uma engrenagem helicoidal ou parafuso sem fim), haverá superposição de um componente axial sobre as tensões devidas à flexão. Isso resulta no aparecimento, em um outro ponto do corpo e com diferente intensidade, de outra tensão flutuante. Essas tensões dessa espécie, que ocorrem em máquinas, produzem tensões chamadas de tensões repetidas, alternadas ou flutuantes (SHIGLEY; MISCHKE; BUDYNAS,2005).

As falhas em componentes mecânicos geralmente se dão por carregamentos variáveis, em vez de por carregamentos estáticos. Essas falhas tipicamente ocorrem em níveis de tensões menores que a tensão de escoamento do material, e se caracterizam por um grande número de repetições, causando o estresse do material, chamado de fadiga. Contudo, aplicando somente a teoria de falhas estáticas, conduzem-se projetos possivelmente inseguros a carregamentos dinâmicos.

Norton (2013, p. 305, grifo do autor), ressalta que:

[...] o termo *fadiga* foi aplicado pela primeira vez por Poncelet em 1839. O mecanismo de falha ainda não compreendido e a aparência de uma fratura frágil na superfície de um material dúctil geraram especulações de que o material, de alguma maneira, apresentou cansaço e fragilizou-se devido às oscilações de carga aplicada.

Wohler mais tarde mostrou que cada metade dos eixos quebrados ainda continuava tão resistentes e dúcteis em ensaios de fadiga, quanto o material original (NORTON, 2013).

De acordo com Beer e Johnston Junior (1995, p. 253):

[...] para um carregamento de ordem de milhares ou de milhões de vezes, a ruptura se dá a uma tensão bem baixo da tensão de ruptura obtida com carregamento estático; a este fenômeno se dá o nome de fadiga. A ruptura por fadiga é sempre uma ruptura frágil, mesmo para materiais dúcteis.

Falha por fadiga

Os estudos do fenômeno da fadiga indicaram que as falhas se iniciam por meio de uma trinca. Essa trinca pode estar presente no material desde sua produção, ou ter se desenvolvido ao longo do tempo, devido à deformação cíclica em torno de um concentrador de tensão. As trincas de fadiga iniciam-se geralmente em um entalhe ou outro concentrador de tensão. Devido a várias catástrofes ocorridas pela

falha da fadiga, estudou-se, nos últimos 150 anos, esse fenômeno para determinação desse mecanismo físico (NORTON, 2013).

Conforme Norton (2013, p. 306),

[...] existem três estágios de falhas de fadiga: início da trinca, propagação da trinca e ruptura repentina devido ao crescimento instável da trinca. O primeiro estágio pode ter uma pequena duração; o segundo estágio envolve o maior tempo de vida da peça; e o terceiro e último estágio é instantâneo.

Estágio de início da trinca

Para Norton (2013, p. 307), “[...] um metal dúctil e, sendo manufaturado, não apresenta trincas, mas possui partículas, inclusões etc., que são comuns em materiais de engenharia. Em escala microscópica, os metais não são homogêneos e isotrópicos”.

Conforme as tensões oscilam no entalhe, poderá surgir um escoamento local devido à concentração de tensão (NORTON, 2013).

Ocorrendo os ciclos de tensão, bandas de deslizamento adicionais se apresentam e se agregam em trincas microscópicas. Mesmo na ausência de um entalhe, o mecanismo ocorrerá desde que se exceda o limite de escoamento em alguma região do material (NORTON, 2013).

De acordo com Norton (2013, p. 307):

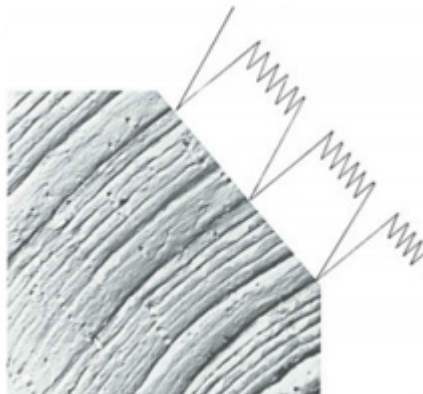
[...] materiais menos dúcteis não apresentam a mesma habilidade para escoar, e tendem a desenvolver trincas mais rapidamente. Materiais frágeis que não escoam podem pular esse estágio inicial e proceder diretamente para a propagação da trinca em locais de existência de vazios ou inclusões, que atuam como trincas microscópicas.

Estágio de propagação da trinca

Uma vez que a trinca microscópica se estabelece, mecanismos de fratura entram em funcionamento. O crescimento da trinca se deve a tensões de tração, tensões cíclicas de compressão não irão contribuir para o crescimento da trinca. A taxa de crescimento ou propagação da trinca é pequena, da ordem de 10^{-8} até 10^{-4} in por ciclo. Ciclos de elevada tensão irão mostrar estrias maiores, o que mostra menor crescimento da trinca por ciclo (NORTON, 2013).

De acordo com Norton (2013, p. 308), “[...] outro mecanismo para propagação de trincas é a corrosão. Se uma peça contendo trinca estiver em um meio corrosivo, a trinca irá crescer submetida a tensões estáticas”.

Figura 4. Estrias de fadiga.



Fonte: Norton (2013, p. 308).

A Figura 4 mostra as estrias de fadiga na superfície da ruptura de uma liga de alumínio. O espaçamento entre as estrias corresponde ao modelo de carregamento cíclico.

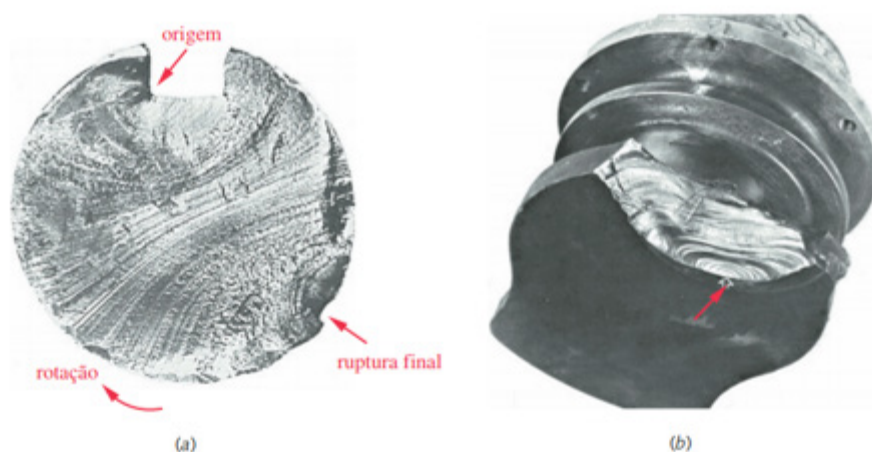
Fratura

A trinca continuará a crescer enquanto as tensões de tração cíclicas e/ou fatores de corrosão de severidade estiverem presentes. Em um certo ponto, o tamanho da trinca torna-se grande o bastante para aumentar o fator de intensidade de tensão K na extremidade da trinca, até o nível da tenacidade à fratura do material K_c , quando ocorre de maneira instantânea, uma falha repentina (NORTON, 2013).

Conforme Brandão (2013), a falha por fadiga pode ser reconhecida pela análise da aparência da superfície de fratura do elemento.

De acordo com Norton (2013, p. 308, grifo do autor), “[...] a região de aparência polida em trono da trinca frequentemente exibe *marcas de praia*, assim chamadas porque se assemelham às ondulações deixadas na areia pelo movimento cíclico das ondas na orla marítima”.

Figura 5. Duas peças que falharam sob fadiga. Observe as marcas de praia: (a) Eixo com rasgo de chaveta de aço 1040 que falhou sob flexão rotativa. A trinca teve início no rasgo de chaveta. (b) Eixo de manivela de um motor a diesel que falhou sob torção e flexão combinadas. A trinca teve início no ponto indicado pela seta.



Fonte: adaptado de Wulpi (1990, p. 149 e 152).

Conforme Norton (2013, p. 309), “[...] às vezes, se ocorre muita fricção nas superfícies da trinca, as marcas de praia ficarão obscuras. A região da fratura frágil corresponde à proporção que apresentou ruptura repentina quando a trinca atingiu o seu tamanho limite”.

As marcas de praia podem ser vistas nas zonas de fratura, essa zona pode estar representada por uma pequena área da secção transversal original da peça (NORTON, 2013).

Cargas de fadiga

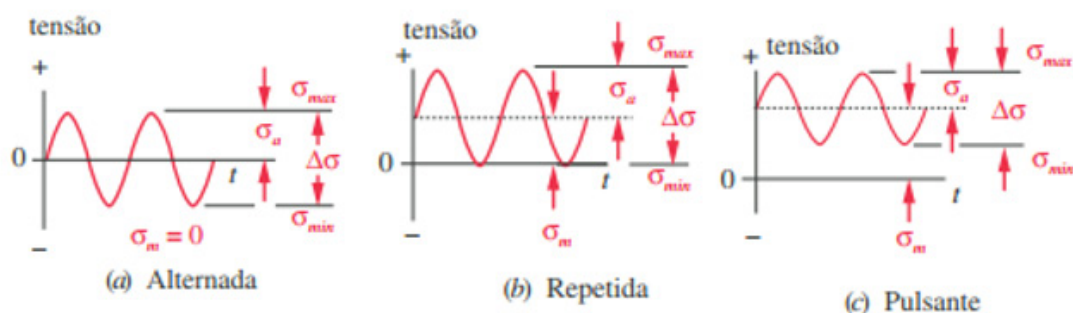
O carregamento variável sobre um elemento mecânico poderá causar uma falha por fadiga, porém o tipo de carregamento pode mudar de uma aplicação para outra. O carregamento tende a ser consistente em amplitude ao longo do tempo e repetitivo com alguma frequência em elementos atuando sob movimento rotativo em equipamentos de serviços (veículos de todos os tipos), os carregamentos podem ser completamente variáveis em amplitude e frequência ao longo do tempo e muitos podem ser randômicos por natureza (NORTON, 2013).

Para descrever um carregamento variável, usa-se uma representação gráfica de função senoidal, em que o carregamento é variável com o tempo, apresentado em um período de uma frequência; as tensões e deformações causadas por esses carregamentos também podem ser descritas dessa maneira, as curvas senoidais da tensão em função do tempo ou deformação em função do tempo terão a mesma forma geral e frequência que a curva senoidal do carregamento em função do tempo. Os fatores significativos são a amplitude e o valor médio da curva tensão em função do tempo ou deformação em função do tempo e o número total de ciclos de tensão/deformação que a peça tem experimentado (NORTON, 2013).

Carregamento em mecanismos rotativos

As típicas funções de tensões em função do tempo experimentadas em mecanismos rotativos são representadas como ondas senoidais (Figura 6). A Figura 6a mostra um caso totalmente reverso, para o qual o valor médio é zero. A Figura 6b mostra um caso de tensão no qual a curva estende de zero para um valor máximo e tendo um valor médio igual ao componente alternado, e a figura 6c mostra uma versão do caso mais geral (chamado de tensão pulsante, flutuante) na qual todas as componentes têm valor diferente de zero. É importante ressaltar que algumas partes dessa curva poderiam estar no regime de tensão de compressão. Qualquer dos tipos de onda mencionados pode ser caracterizado por meio de dois parâmetros: componentes média e alternada, valores máximo e mínimo ou por meio da razão desses valores (NORTON, 2013).

Figura 6. Valores das componentes alternada, média e o intervalo de variação de tensões para tensões cíclicas alternadas, repetidas e pulsantes.



Fonte: Norton (2013, p. 313).

O limite da tensão é definido pela equação:

$$(Eq.1)$$

Nessa equação:

$\Delta\sigma$ = Tensão média

A amplitude da variação de tensão σ_a (ou componente alternada) é obtida pela equação 2:

$$(Eq.2)$$

A tensão média σ_m é obtida pela equação 3:

$$(Eq.3)$$

A razão de tensão pode ser obtida pela equação 4:

$$(Eq.4)$$

A razão de Amplitude pode ser obtida pela equação 5:

(Eq.5)

Quando a tensão é alternada (figura 6a), $R = -1$ e $A = \infty$. Quando a tensão é repetida (figura 6b), $R = 0$ e $A = 1$. Quando as tensões máxima e mínima têm o mesmo sinal (figura 6c), tanto R quanto A são valores positivos e $0 \leq R \leq 1$. Esses modelos de tensões podem resultar de tensões de flexão, axial, torção, ou combinação desses tipos de tensões (NORTON, 2013).

Na utilização da curva S-N de qualquer material, o valor da amplitude de tensão (σ_a) pode ser utilizado diretamente se a tensão média (σ_m) for igual a zero. No caso em que a tensão média for diferente de zero, é necessário encontrar um valor de amplitude de tensão alternada equivalente (σ_{aeq}) para utilização na curva S-N, isto é, um valor em que a tensão média fosse igual a zero. A seguir, aparecem as quatro fórmulas mais utilizadas para a obtenção da amplitude da tensão alternada equivalente.

Equação de Soderberg (EUA, 1930):

(Eq.6)

Equação de Goodman (Inglaterra, 1889):

(Eq.7)

Equação de Gerber (Inglaterra, 1874):

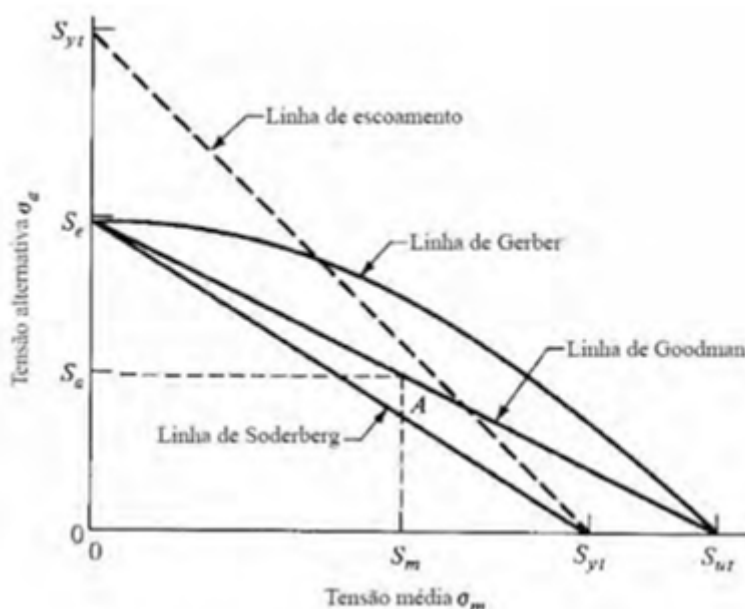
(Eq.8)

Equação de Morrow (EUA, 1960):

(Eq.9)

Nelas: “ S_e ” é o limite de fadiga para carregamento reverso, “ S_y ” é o limite de resistência ao escoamento, “ S_r ” é o limite de resistência a ruptura. A Figura 7 mostra um gráfico de correção da tensão média para o qual pode-se fazer algumas deduções.

Figura 7. Correção da tensão média.



Fonte: Santos (2008, p. 23).

Pode-se observar, por meio da Figura 7, que o método de Soderberg é conservador, não apresentando resultados para usos práticos, ao contrário dos métodos de Goodman e Gerber, que apresentam resultados mais satisfatórios.

Método dos elementos finitos

Ao longo de suas carreiras, os engenheiros se deparam com problemas complexos de cálculos, projetos que necessitam de um alto grau de exatidão, uma vez que tais problemas só podem ter uma solução por meio da resolução de equações diferenciais parciais. É quase impossível transformar as soluções destas equações em geometrias por métodos clássicos. Assim, a utilização do método dos elementos finitos (MEF), que é uma aproximação numérica com a qual essas equações diferenciais parciais podem ser solucionadas de modo aproximado, tornou-se uma solução apropriada. O MEF pode ser aplicado a um grande número de problemas físicos, tais como análise de tensões e deformações em corpos bidimensionais e tridimensionais, placas e cascas, análise linear, não-linear, estática, dinâmica, mecânica dos sólidos, problemas relacionados a fluxo de fluidos, distribuição de temperaturas, eletromagnetismo, energia nuclear etc. (ALVES FILHO, 2013).

O método MEF é usado por vários engenheiros para prever o comportamento estrutural, mecânico, térmico, elétrico e químico de sistemas, nas etapas de projetos quanto na análise de desempenho. Muitos investimentos são gastos anualmente nos Estados Unidos em programas de computador sobre o MEF e em tempo computacional (FISH; SCHKO, 2009).

O método MEF é matematicamente complexo e computacionalmente intensivo, requerendo a solução de grandes matrizes. Seu conceito básico é abranger a discretização de um sistema contínuo em parte separadas distintas, conectadas entre si por pontos discretos. A solução aproximada simula a estrutura como uma montagem de elementos com comprimento finito, essa estrutura é dividida em um número finito de partes ou elementos “simples” que descrevem o comportamento do sistema. Esses elementos simples são interligados por conexões chamados de nós do modelo, o número de pontos discretos escolhidos e de elementos devem descrever o comportamento da estrutura dentro da veracidade desejada (ALVES FILHO, 2013).

Modelagem Matemática

O modelo de elemento finito estrutural mais simples é de uma mola linear em uma dimensão. Possui uma rigidez característica (constante elástica) $K_h = f / \Delta_u$, o deslocamento cria uma força nodal. Assumem-se como deslocamentos positivos u_i e u_j e somatória de forças em cada nó, demonstrados nas equações 10, 11 e 12.

$$f_{ih} = k_h u_i - k_h u_j \text{ ou } f_{jh} = -k_h u_i + k_h u_j \text{ (Eq.10)}$$

Esse sistema é colocado na forma de matriz:

$$\text{(Eq.11)}$$

Equações inscritas em notação matricial:

$$[k] \{d\} = \{f\} \text{ (Eq.12)}$$

Sendo k a matriz rigidez, d , o vetor de deslocamento nodal do elemento, e f , o vetor de forças internas dos elementos.

Tipos de Elementos

Os Elementos, também chamados de linhas, superfícies e volumes, podem ser unidimensionais, bidimensionais ou tridimensionais. Os elementos podem ser de diferentes ordens, e esse termo se refere

à ordem da função (geralmente um polinômio) que define a distribuição de deslocamento através do elemento. Em análise computacional, é preferível usar elementos unidimensionais, pois os elementos de maior dimensão necessitam maior tempo para seu processamento computacional (ALVES FILHO, 2013).

Os nós dos elementos contêm graus de liberdades que permitem suportar carregamentos, momentos e torques, diferenciando os elementos quanto ao tipo de análise. Os elementos unidimensionais apresentam dois graus de liberdade total, um em cada nó, apenas transmitem força ao longo de seu comprimento (unidirecional), sem suportarem momento. Elementos bidimensionais têm três graus de liberdade por nó e podem suportar momentos, como forças lineares em duas direções. Elementos tridimensionais dispõem de seis graus de liberdade por nó, e podem suportar momentos e torques, adicionando forças lineares em três direções (ALVES FILHO, 2013).

Malha de elementos finitos

Chamamos de malha o conjunto de elementos unidos pelos seus nós e, discretizando o modelo, esta pode ser desenvolvida manualmente ou por processos automáticos. Em alguns casos, é necessária a utilização de malhas manuais que fornecem maior credibilidade aos resultados, porém o projetista necessita de maior habilidade e tempo para seu desenvolvimento. A densidade da malha no modelo influencia no tempo de processamento e convergência dos resultados, podendo ser utilizados elementos maiores, em que o gradiente de tensão no modelo não é crítico, o refinamento da malha é utilizado em elementos menores e nos quais se encontra alto gradiente de tensão, como em regiões de concentração de tensão em locais de aplicação das condições de contorno, aplicação da carga e cantos (ALVES FILHO, 2013).

Abordagem do estudo de caso

O objeto de estudo “pino do caracol” se encontra fixo através de sua rosca no caracol do moedor de carne elétrico, o qual transmite movimento rotacional para a cruzeta. O mesmo foi submetido a carregamento de flexão rotativa e tensões de cisalhamento.

Analisando as variações das forças de compressão exercidas no pino, conforme as variedades de tipos de carne e do aperto da porca do disco, que fornecem atrito entre o disco e a cruzeta, foi adotado o máximo momento de torque transmitido pelo motor de 0,92 Kw (1,25 Cv) para os cálculos e análises como sendo o limite de resistência do pino.

Tabela 1. Dados do equipamento.

CÁLCULO DE TORQUE E ROTAÇÃO	
Máquina	Cálculo do fabricante
Potência motor (Cv)	1,25
Potência motor (Kw)	0,92
RPM motor	1720
Número de dentes engrenagem motora	16
Número de dentes engrenagem de celeron	60
Número de dentes engrenagem intermediária	15
Número de dentes engrenagem com cubo	47
RPM de saída	146
Torque motor (Nm)	5,1
Torque de saída (Nm)	60

Fonte: Fabricante.

Para realização dos cálculos de “fadiga”, foram utilizados os dados fornecidos pela empresa fabricante, conforme Tabela 1, e por meio da conciliação destes dados com o *software* Simulation Mechanical Autodesk®, foi determinada a quantidade de ciclos até a “fadiga”.

Cálculos de tensão admissível de fadiga

Inicialmente, para determinação da tensão admissível de “fadiga”, foram considerados alguns fatores, como tamanho do “pino do caracol”, tipo de sollicitação a que foi submetido, qualidade da superfície, concentração de tensão e fator de segurança.

Conforme Rosa (2002, p. 260), “[...] sob carregamento de flexão rotativa, para aços forjados e laminados”, utiliza-se a seguinte equação para determinação da tensão de fadiga:

$$\sigma_n = 0,5 \cdot \sigma_r, \text{ para } N_f = 10^6 \text{ ciclos (Eq.13)}$$

Nessa equação:

σ_n – Tensão de fadiga

σ_r – Tensão de Ruptura

Para o material utilizado no “pino do caracol” – Aço ABNT 1045 T/R –, temos as seguintes tensões:

$$\sigma_c = 60 \text{ kgf/mm}^2$$

$$\sigma_r = 80 \text{ Kgf/mm}^2$$

Utilizando a equação descrita, obtivemos a seguinte tensão de fadiga:

$$\sigma_n = 0,5 \cdot 80 \text{ kgf/mm}^2$$

$$\sigma_n = 40 \text{ kgf/mm}^2$$

De acordo com Rosa (2002, p. 247), “[...] sobre a tensão limite de fadiga para um corpo de prova liso são adicionados os efeitos de concentração de tensão, sensibilidade ao entalhe, tamanho, acabamento superficial, tipo de carregamento, etc., para afinal obtermos a tensão limite de fadiga para o componente”.

Para determinação da tensão admissível da fadiga, é necessário levar em consideração os fatores citados:

$$\sigma_{\text{admissível}} = \text{(Eq.14)}$$

- $\sigma_{\text{admissível}}$ – Tensão admissível de fadiga
- σ_n – Tensão de fadiga
- N – fator de segurança = 1,5
- K_f – fator de concentração de tensão = 1,8
- Fatores – concentração de tensão (Torção/cisalhamento) = 0,6
- qualidade da superfície = 0,85
- tamanho do eixo = 0,9

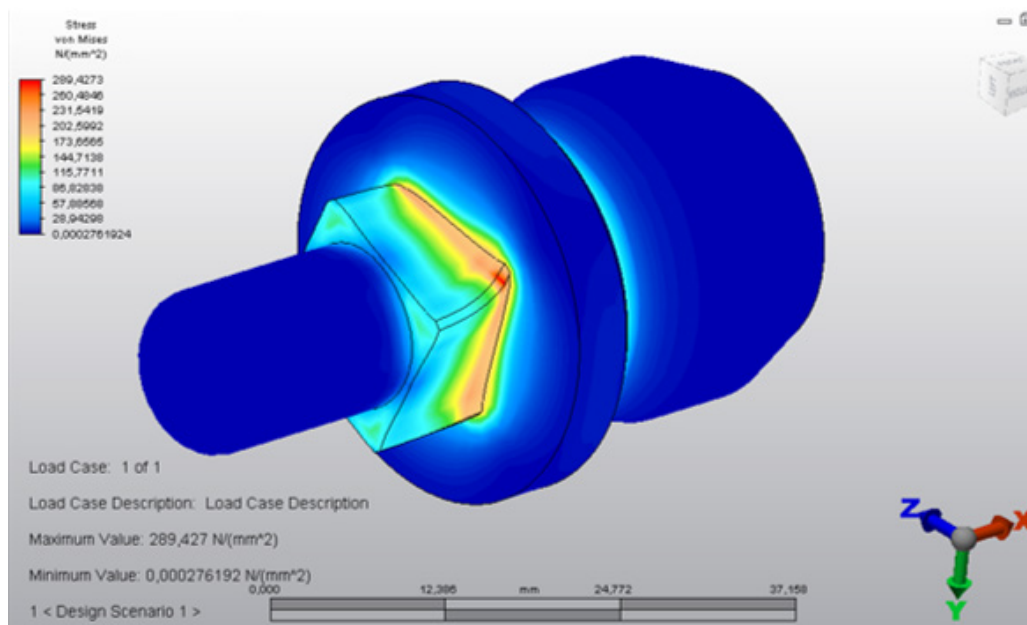
Portanto a tensão admissível considerada é:

$$\sigma_{\text{admissível}} = \frac{\sigma_{\text{admissível}}}{\sigma_{\text{admissível}}} = 6,8 \text{ Kgf/mm}^2$$

Análise de elementos finitos

Por meio do *software* Simulation Mechanical Autodesk®, foi determinada a tensão de Von Mises, que leva em consideração as tensões normais e tensões de cisalhamento que atuam sobre o pino. Utilizando uma malha de 70% para discretização do pino de aço SAE-1045 T/R (modelo matemático construído no Autodesk® Inventor), foram gerados 2745 elementos, com aproximadamente um distanciamento de 1,41mm entre os nós, sendo aplicado um torque máximo do motor de 60 Nm (Tabela 1) no quadrado do pino, local do posicionamento da cruzeta. O resultado da Tensão de Von Mises foi de 289,42 MPa, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8. Simulação efetuada no *software* Simulation Mechanical Autodesk®, para determinação da tensão de Von Mises.



Resultado

A presente análise levou em consideração os dados obtidos nos cálculos e na simulação por meio do *software*, conciliando-os para determinação do número de ciclo de vida do “pino do caracol” até sua fadiga. Nessa relação, foram consideradas a Tensão admissível da fadiga obtida pelos cálculos apresentados e a tensão de Von Mises obtida pela simulação no *software*, e, por meio da analogia entre os resultados, determinou-se um ciclo de vida para esse elemento do equipamento.

Por meio do fracionamento da Tensão admissível determinada pelos cálculos, pela Tensão de Von Mises encontrada no *software*, foi estabelecido um fator de segurança para o ciclo de vida do pino do caracol:

$$F.S. = (Eq.15)$$

Sendo:

F.S – Fator de segurança em relação a fadiga

F.S. =

F.S. = 0,23

Considerando o fator de segurança igual a 1 para atingir 10^6 ciclos, conforme Rosa (2002, p. 247), “[...] vida que define como o início do patamar da tensão limite de fadiga, nos metais ferrosos”, e correlacionando o fator de segurança encontrado entre as duas tensões, foi determinada a vida útil do pino do caracol por falha de fadiga.

$$F.S. = 1 \text{ ----- } 10^6 \text{ ciclos}$$

$$F.S. = 0,23 \text{ ----- } N \text{ ciclos}$$

$$N =$$

$$N = 230.000 \text{ ciclos} - 2,3 \times 10^5 \text{ ciclos}$$

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho teve como objetivo estudar as tensões atuantes sobre o pino do caracol, para determinação da vida útil por falha de fadiga.

Por meio dos cálculos realizados, foi verificado que o pino não terá sua vida útil infinita, conforme o patamar de tensão limite de fadiga de 10^6 ciclos, visto que o seu fator de segurança está menor do que o esperado.

A análise por Elementos Finitos, atualmente, é muito utilizada nas diversas áreas das engenharias, auxiliando nas soluções de problemas encontrados. Ela tem a vantagem da simulação de modelos matemáticos, para identificação de possíveis falhas para realização de melhorias antes da construção do elemento analisado, apresentando resultados satisfatórios.

REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, A. *Elementos finitos: a base da tecnologia CAE*. 6. ed. São Paulo: Érica, 2013.

_____. *Elementos finitos: a base da Tecnologia CAE/análise dinâmica*. 2. ed. São Paulo: Érica, 2013.

BEER, F. P.; JOHNSTON JUNIOR, E. R. *Resistência dos materiais*. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 1995.

BRANDÃO, R. P. *Projeto mecânico de uma máquina de ensaio de fadiga por flexão rotativa*. 2013. 76f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007760.pdf>>. Acesso em: 2 maio 2016.

FISH, J.; SCHKO, T. B. *Um primeiro curso em elementos finitos*. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

HIBBELER, R. C. *Estática: mecânica para engenharia*. 12. ed. São Paulo: Person, 2011.

NORTON, R. L. *Projeto de máquinas: uma abordagem integrada*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

ROSA, E. *Análise de resistência mecânica: mecânica da fratura e fadiga*. Santa Catarina: UFSC, 2002.

SANTOS, L. V. *Análise de falha por fadiga em eixo de motores para sistemas de arrefecimento*. 2008. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/...10112008.../dissertacao_fadiga_final>. Acesso em: 2 maio 2016.

SHIGLEY, J. E.; MISCHKE, C. R.; BUDYNAS, R. G. *Projeto de engenharia mecânica*. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

WULPI, D. J. *Understanding how components fail*. Ohio: ASM International, 1990.

Gestão do sistema de segurança do trabalho baseado na norma OHSAS e na NR-10

Laudo C. MIRANDA¹

Yuri SICA²

Resumo: Este estudo busca auxiliar a compreensão de profissionais e empresas sobre a implantação dessas normas, as quais após dez anos de sua obrigatoriedade ainda mostram certa dificuldade. Nosso trabalho tem como objetivo verificar o atendimento dos requisitos da Norma Regulamentadora NR-10 pelas empresas e sua gestão pela Norma OHSAS 18001, que é um processo dinâmico de melhoria contínua. Para a realização do estudo, utilizamos o método fenomenológico, que se preocupa com a descrição direta da experiência tal como ela é (neste caso, constituída socialmente). Os resultados obtidos revelaram que as pessoas e empresas pesquisadas estão promovendo modificações e melhorias no sistema de segurança do trabalho existente com auxílio da OHSAS, para atendimento ao texto da NR-10, e que os sistemas de segurança das instalações elétricas ainda não atendem, plenamente, as prescrições das normas.

Palavras-chave: OHSAS. Segurança do Trabalho. Eletricidade. Segurança Elétrica. NR-10. Norma Regulamentadora.

¹ **Laudo C. Miranda.** Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Bacharel em Engenharia Elétrica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). *E-mail:* <laudo.miranda@gmail.com>.

² **Yuri Sica.** Mestre em Engenharia e Ciências dos Materiais pela universidade Federal do Paraná (UFPR). Bacharel em Química Ambiental pela Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UTFPR). Atualmente é Coordenador do Departamento de Meio ambiente e Colaborador do Departamento de Projetos da Universidade Estácio de Sá (UNESA), onde também atua como docente. *E-mail:* <yurisica@estacio.br>.

Occupational safety system management based on OHSAS standard and NR-10

Laudo C. MIRANDA

Yuri SICA

Abstract: This study seeks to assist the understanding of professionals and companies the implementation of the rules after ten years of his obligation still shows some difficulty and aims to verify compliance with the requirements of Regulatory Standard NR-10, the companies and their management to OHSAS 18001 which is a dynamic process of continuous improvement. For the study the scientific method was the phenomenological method, this method is concerned with the direct description of the experience as it is, and this is made socially. The results showed that people and companies surveyed are promoting changes and improvements in the existing job security system with the help of OHSAS, to supply the text of the NR-10, and that the security systems of electrical installations do not yet comply fully the requirements of the standards.

Keywords: OHSAS. Job Security. Electricity. Electrical Safety. NR-10. Regulatory Standard.

1. INTRODUÇÃO

As transformações produzidas durante os últimos anos são um reflexo da aceleração no ritmo das mudanças que vêm ocorrendo nos países do chamado primeiro mundo e estão gerando um modelo de sociedade em que a formação é posta como fator estratégico do desenvolvimento, da produtividade e da competitividade.

Computadores cada vez mais poderosos e com *softwares* mais complexos controlam máquinas que substituem a mão de obra não especializada com vantagens indiscutíveis para empresários, tais como: máquinas não fazem greves, não reclamam de salários, férias, não fazem nenhuma reivindicação, não faltam ao trabalho etc.

A invasão das máquinas e a concorrência a cada dia mais acirrada dita a sobrevivência ou não das empresas, gerando desemprego e problemas sociais de grande vulto, de modo que, para os governos e agentes sociais, as políticas relacionadas com a qualificação dos recursos humanos merecem o máximo de interesse e prioridade. Assim, os processos formativos devem caracterizar-se por sua continuidade, permanente atualização e renovação em seus conteúdos, o que deve atingir um maior número possível de pessoas adultas ao longo de toda sua vida.

Estudos recentes têm comprovado que o crescimento econômico e a competitividade das economias mais avançadas dependem, primordialmente, da capacidade para inovar nos produtos e processos, e essa capacidade está baseada em um elevado nível de envolvimento e conhecimento profissional dos trabalhadores.

A UNESCO no Relatório de Monitoramento Global da Educação 2014, ao traçar algumas diretrizes para o ensino, afirma que:

[...] a educação deve ter por finalidade não apenas formar as pessoas visando uma profissão determinada, mas, sobretudo colocá-las em condições de se adaptar a diferentes tarefas e de se aperfeiçoar continuamente, uma vez que as formas de produção e as condições de trabalho evoluem: ela deve tender, assim, a facilitar as reconversões profissionais (UNESCO, 2014, n.p.)

Esse processo, com a implementação de novas tecnologias (automação, telecontrole, telesupervisão e informatização), gerou também mudanças na forma de organização do trabalho (terceirização, cooperativas e planos de demissões voluntárias). Essas mudanças trouxeram significativas penalizações aos trabalhadores, ocasionando o aumento do desemprego e a precarização das condições de segurança e saúde, com uma conseqüente elevação no número de acidentes no trabalho envolvendo o agente de risco energia elétrica.

Em resposta a essa situação do setor elétrico, o Ministério de Trabalho e Emprego (MTE) publicou a Portaria MTPS n.º 508, de 29 de abril de 2016, D.O.U 02/05/16, que aprovou o novo texto da Norma Regulamentadora NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, que obriga as empresas a implantarem medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que direta ou indiretamente interagem em instalações elétricas e serviços com eletricidade.

A revisão da norma foi precedida de grande divulgação e amplo debate com a comunidade técnica e contou com a participação dos diversos setores da sociedade (Poder Público, iniciativa privada e sindicatos dos trabalhadores).

O novo texto atualiza a Norma Regulamentadora NR 10 diante das novas tecnologias do setor, já presentes nas normas técnicas nacionais e internacionais, e vai ao encontro do desejo da Fiscalização do Ministério do Trabalho e Emprego de estabelecer um instrumento contundente na prevenção de acidentes no sistema elétrico de potência.

Há, ainda, dificuldades no entendimento de todas as particularidades da norma, na aquisição no mercado de EPI e EPC adequados aos riscos elétricos e, sobretudo, dificuldades financeiras e operacionais, principalmente das pequenas empresas.

Entretanto, os benefícios advindos com a publicação na nova revisão da NR-10 são explícitos, pois nunca se discutiu com tanta intensidade e profundidade técnica os sistemas de proteção contra os riscos decorrentes da utilização da energia elétrica.

Como as empresas estão adequando os seus funcionários e seus sistemas de segurança do trabalho para atender aos requisitos da nova versão da NR-10?

- As indústrias estão implantando modificações nos seus funcionários e sistemas de segurança do trabalho para atender ao novo texto da NR-10?
- Os trabalhadores e sistemas de segurança das instalações elétricas das indústrias atendem ao prescrito na NR-10?

2. A OHSAS 18001

A organização das rotinas corporativas dos processos e dos colaboradores para melhoria e manutenção do produto produzido ou serviço prestado e o gerenciamento dessas rotinas visa à garantia de que cada colaborador, ao realizar as suas atividades, assuma as responsabilidades de seu trabalho, proporcionando melhores resultados à empresa. Tais resultados são obtidos a partir do uso das principais ferramentas da saúde e segurança.

A OHSAS 18001 é um padrão internacional que estabelece requisitos relacionados à Gestão da Segurança e Saúde Ocupacional, por meio do qual é possível melhorar o conhecimento dos riscos existentes na organização, atuando no seu controle em situações normais e anômalas. Esse padrão é aplicável aos mais diversos setores e atividades econômicas, orientando tais organizações sobre como promover a melhoria contínua do desempenho de Segurança e Saúde Ocupacional.

Controle dos desenhos e demais documentos de engenharia

Os documentos incluem desenhos, diagramas, plantas, memorial de cálculo, tabelas e demais documentos técnicos. A liberação para a construção e o controle serão feitos pela engenharia. O processo Engenharia prevê procedimentos de controle desses documentos. Os documentos oriundos da gestão seguem codificação e controle próprio (PDCA).

Desenvolvimento e Realização do Projeto – P

As reuniões entre os integrantes do Projeto representam pontos de avaliação, validação e análise crítica do planejamento e oferecem oportunidade para definir alternativas e soluções de problemas.

Execução – D

Considerar-se-á os documentos fornecidos e aprovados e/ou liberados pela Engenharia, os procedimentos e instruções previstos no processo Engenharia, listados no tópico Referências deste trabalho.

Caso a execução da obra demande alguma ação não prevista na documentação técnica fornecida pela Engenharia, o gestor da construção deve comunicar ao gestor de engenharia e aguardar a devida disposição.

As medições da evolução dos serviços devem ser realizadas pelo gestor de construção e acompanhadas por um representante do cliente.

Comissionamento – C

Conforme foi definido, o comissionamento será executado e acompanhado por um representante do cliente. O plano de comissionamento do sistema e seus registros ficarão sob responsabilidade da construtora, que deverá manter em seu arquivo técnico, na pasta do Projeto, uma cópia da documentação gerada durante o processo, atestando sua conformidade com o Projeto.

Os documentos “Como Construído” serão encerrados após o comissionamento do Projeto, sendo cópias do conjunto de documentos entregue ao cliente conforme definido. O arquivo dos registros relacionados está previsto no processo Controle da Qualidade.

PÓS-ENTREGA – A

Após a emissão do Termo de Recebimento Definitivo, o atendimento aos questionamentos e problemas do cliente, caso se apresentem, segue o procedimento de Atendimento Pós-entrega.

Segurança em Eletricidade – NR-10

O texto da norma NR-10 aborda e cita quase todas as NRs, assim, citamos também as outras NRs relacionadas.

Existem dois treinamentos na NR-10, o Básico e o Complementar, que trata sobre o SEP – Sistema Elétrico de Potência. O Básico, para instalações elétricas de baixa tensão e suas proximidades, que pela NR-10 é considerado até 1000 V; e o Complementar, ou SEP, que aborda trabalhos em tensões acima de 1000 V e suas proximidades.

Esses treinamentos têm de ser direcionados ao público que está realizando o curso. A maioria das empresas de treinamento que faz esse tipo de serviço fornece sempre o mesmo curso, não levando em consideração as particularidades de cada empresa e de seus funcionários.

A NR-10 prescreve no item 10.1.2 que a norma se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação e manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades.

A norma regulamentadora determina que devem ser observadas as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis.

A seguir, listamos as principais normas técnicas nacionais, internacionais e estrangeiras relacionadas com segurança em instalações e serviços em eletricidade em indústrias:

- ABNT NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão.
- ABNT NBR 14039:2005 – Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV.
- ABNT NBR 5419:2005 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.
- ABNT NBR 5418:1995 – Instalações elétricas em atmosferas explosivas.
- ABNT NBR 13231:2005 – Proteção contra incêndio em subestações elétricas de geração, transmissão e distribuição.
- ABNT NBR IEC 60079-0:2006 – Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas – Parte 0: Requisitos gerais.
- ABNT NBR IEC 60079-10:2006 – Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas – Parte 10: Classificação de áreas.
- ABNT NBR IEC 60079-17:2005 – Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas – Parte 17: Inspeção e manutenção de instalações elétricas em áreas classificadas (exceto minas).
- ABNT NBR IEC 60529:2005 – Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP).
- ABNT NBR 5413:1992 - Iluminância de interiores.
- ABNT NBR 10898:1999 - Sistema de Iluminação de emergência.

Inovações introduzidas pela NR-10

A NR-10 estabeleceu um nível mínimo de requisitos e condições de segurança e saúde nos serviços em eletricidade que, segundo dados da literatura especializada, era somente atendido pelos sistemas de segurança das maiores e melhores empresas nacionais e multinacionais em operação no Brasil.

As empresas organizadas já praticam parte das recomendações da NR-10. Há, portanto, necessidade de esforços nos novos pontos onde a norma introduziu inovações administrativas e tecnológicas.

Principais pontos do novo texto da norma:

- Obriga as empresas com carga instalada superior a 75 kW a constituir e manter o Prontuário das Instalações Elétricas.
- Estabelece a necessidade do relatório técnico das inspeções realizadas com recomendações e cronograma de adequação.
- Estabelece que as vestimentas de trabalho devem ser adequadas às atividades, devendo contemplar a condutibilidade, inflamabilidade e influências eletromagnéticas.
- Obriga a introdução de conceito de segurança no projeto das instalações elétricas.
- Define o entendimento de instalação elétrica desenergizada.
- Torna obrigatória a elaboração de procedimentos operacionais contendo passo a passo as instruções de segurança.
- Estabelece a proibição de trabalho individual para atividades com alta tensão ou no Sistema Elétrico de Potência (SEP).
- Define o entendimento quanto ao profissional qualificado e habilitado e trabalhador capacitado e autorizado.
- Torna obrigatório o curso de treinamento para os profissionais autorizados a intervir em instalações elétricas: básico (40 horas) e complementar (40 horas) para serviços no SEP.
- Cria a obrigatoriedade de certificação de equipamentos e materiais destinados à aplicação em áreas classificadas.

As grandes e médias empresas, normalmente com instalações precedidas de projeto elétrico, deveriam ter, no mínimo, os memoriais descritivos, diagramas unifilares e diagramas funcionais dos equipamentos e sistemas elétricos. Portanto, mesmo as grandes e médias empresas necessitam investir na elaboração de documentos “como construído” (*as built*) das suas instalações, pois documentos desatualizados podem agravar as situações de riscos, apresentando cenários inexistentes na planta.

A NR-10 estabelece no item 10.2.8.1 que em todos os serviços executados em instalações elétricas devem ser previstas e adotadas, prioritariamente, medidas de proteção coletiva aplicáveis, mediante procedimentos, às atividades a serem desenvolvidas, de forma a garantir a segurança e saúde dos trabalhadores. Prescreve no item 10.2.8.2 que as medidas de proteção coletiva compreendem, prioritariamente, a desenergização elétrica ou, na impossibilidade, o emprego da tensão de segurança, em perfeito alinhamento com a norma técnica ABNT NBR 5410.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

O método científico utilizado em nosso estudo foi o método fenomenológico. Esse método se ocupa com a descrição direta da experiência tal como ela é e está constituída socialmente.

As amostras são do tipo não probabilísticas e intencionais, constituindo-se de funcionários de indústrias em obras ou em cursos de NR-10. Como instrumento de coleta de dados foi utilizada a observação na vida real, registrando-se os dados à medida que eles ocorriam, bem como a aplicação de questionários.

Os resultados apresentados estão baseados em evidências objetivas colhidas na verificação da documentação, na inspeção de campo das instalações e nos depoimentos de prepostos da organização.

O questionário foi concebido com o objetivo de:

- Verificar o prontuário das instalações elétricas, conforme NR-10.
- Verificar as práticas de segurança do trabalho e saúde ocupacional.
- Verificar as práticas de sinalização, liberação e bloqueio de equipamentos elétricos.
- Verificar o processo de habilitação, qualificação, capacitação e autorização dos trabalhadores.
- Verificar o sistema de manutenção elétrica da empresa.

Na fase final da pesquisa foi realizada uma inspeção de campo das instalações elétricas das plantas, envolvendo as subestações, as áreas industriais de processo (áreas classificadas e não classificadas) e as áreas administrativas.

A inspeção de campo foi dirigida para os itens de segurança nos serviços em eletricidade.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Resultados obtidos na aplicação da Lista de Verificação para avaliação do sistema de segurança da empresa, baseada nos requisitos da NR-10:

- Feito relatório técnico de inspeção das instalações com cronograma de adequações.
- Pontos fortes:
- Arquivo técnico bem estruturado, contendo documentação completa de projeto e gerenciado através de sistema digital disponível em rede interna.
- Projeto elétrico de boa qualidade, contendo os documentos necessários para intervenção nos equipamentos e sistemas.

Oportunidades de melhoria:

- Atualização dos documentos do projeto elétrico.
- Elaboração de laudos técnicos de conformidade dos equipamentos para áreas classificadas.

Práticas de Segurança do Trabalho e Saúde Ocupacional

- O SESMET da empresa atende ao disposto na NR-4 e é composto por engenheiro de segurança do trabalho, técnicos de segurança, médico de trabalho e auxiliar de enfermagem no trabalho.
- Encontramos cópias atualizadas do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA e do Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional – PCMSO da empresa.
- Encontramos nos Serviços Médicos das empresas evidências objetivas da existência de prontuários médicos com os resultados dos exames e respectivos Atestados de Saúde Ocupacional (ASO) dos empregados da empresa e dos empregados das contratadas.
- Encontramos evidências objetivas de que os serviços executados na planta são liberados mediante a emissão de Permissão de Trabalho – PT.
- Evidências objetivas de que os serviços em eletricidade são precedidos de análise de risco preliminar, efetuada através do documento Planejamento e Análise de Risco – PAR.
- Registros da realização de reuniões de segurança, Diálogo Diário de Segurança – DDS, Treinamento Básico de Segurança – TBS, Inspeção de EPC e Inspeção de EPI.

- Vestimentas de proteção contra arcos elétricos nas subestações, entretanto, ainda não foram realizadas as análises de riscos baseadas na energia térmica incidente decorrente do curto-circuito.
- Estudos de curto-circuito e seletividade da planta.
- Projetos de SPDA para todas as unidades, entretanto ainda falta a instalação de SPDA nos prédios administrativos e em algumas estruturas das áreas industriais.
- Procedimento de organização para emergência na unidade. O documento inclui possíveis emergências no sistema elétrico.
- Evidência objetiva de treinamentos de profissionais especializados em resgate para intervenções de manutenção em situações especiais (serviços em altura e serviços em espaços confinados), e há planos específicos para resgates nos ambientes do sistema elétrico (porões de cabos, caixas de passagem do sistema de distribuição subterrânea etc.).
- A empresa dispõe de equipe de brigadistas treinada para prestar primeiros socorros e efetuar o combate a incêndios na planta. E há treinamento e equipamentos específicos para combate a incêndio em subestações.
- As subestações e as demais salas elétricas são equipadas com extintores portáteis e extintores sobre rodas de gás carbônico (CO₂) e pó químico ABC, mantidos em condições satisfatórias com etiquetas de inspeção atualizadas.
- Há sistema automático de detecção, alarme e extinção de incêndio em subestações e salas elétricas.
- Há portas de saída de emergência de subestações com abertura impedida e com dimensões menores que a prevista na NR-23.
- As portas das saídas de emergência das subestações estavam equipadas com fechaduras de abertura rápida.

Pontos fortes:

- SESMT estruturado conforme prescrições da NR-4.
- Práticas avançadas de segurança do trabalho e saúde ocupacional.

Oportunidades de melhoria:

- Elaboração de análise de risco para especificação das vestimentas de proteção contra arcos elétricos.

Práticas de sinalização, liberação e bloqueio das instalações elétricas

- Encontramos placas padronizadas de restrição de acesso nas subestações e demais ambientes do sistema elétrico.
- Identificação clara das subestações e salas de equipamentos elétricos.
- Verificamos a existência de procedimentos de bloqueio de equipamentos elétricos nos dispositivos instalados em todas as gavetas e disjuntores dos CCMs e painéis.

Pontos fortes:

- Existência de prática de bloqueio dos equipamentos elétricos.

Oportunidades de melhoria:

- Implantação de sistema padronizado de identificação das subestações e equipamentos elétricos.

Processo de habilitação, qualificação, capacitação e autorização dos trabalhadores

Pontos fortes:

- Eletricistas e técnicos de manutenção com treinamento básico e de SEP segurança de 40 h.
- Treinamento de instrumentista, operadores de processo e demais trabalhadores com atividades em instalações elétricas.
- Processo de autorização dos trabalhadores implantado.

Oportunidades de melhoria:

- Algumas perguntas básicas feitas a profissionais da área elétrica, como engenheiros, técnicos, eletricistas e outros não obtiveram respostas satisfatórias, como, por exemplo: O que é eletricidade? As respostas foram que era uma força ou que era geração de energia.

Outra pergunta feita que também não teve resposta satisfatória:

- O que é energia? As respostas novamente foram que era uma força que gerava trabalho. Esses fatos foram vistos com certa frequência e fica evidenciada a falha em cursos ou preparação de profissionais que vão trabalhar diretamente com esses conceitos e não conseguem defini-los.

Sistema de manutenção elétrica da empresa

- Encontramos o plano de manutenção preventiva elétrica informatizado.
- Encontramos registros digitais e em papel das intervenções de manutenção nos equipamentos e sistema elétricos.
- A documentação em papel (desenhos, manuais, resultados de testes, estavam acessíveis aos profissionais da área.
- Os transformadores das subestações estavam fisicamente separados através de parede corta-fogo em concreto armado.

Pontos fortes:

- Existência de Plano de Manutenção informatizado e com procedimentos para intervenção nos equipamentos elétricos.

Oportunidades de melhoria:

- Implementar ações de treinamentos melhores de instrumentista, operadores de processo e demais trabalhadores com atividades em instalações elétricas e manutenção para correção das deficiências detectadas nesses profissionais.

A análise dos resultados obtidos na aplicação da lista de verificação revelou que o projeto do sistema elétrico apresenta um bom nível técnico, com documentação completa. Além disso, revelou que a construção e montagem da planta foram realizadas de forma criteriosa por empresas de engenharia de porte, utilizando materiais e equipamentos de boa qualidade, e que as instalações elétricas demandam ações de manutenção preventiva.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo evidenciou que as empresas e profissionais pesquisados dispõem de sistemas de segurança do trabalho bem estruturados, estão evitando esforços para atendimentos aos novos itens prescritos na NR-10 e os sistemas de segurança das instalações elétricas não atendem, plenamente, aos requisitos na norma. Dentro das limitações do trabalho, pode-se inferir que o estágio atual do sistema de segurança do trabalho da empresa em evidência representa o nível médio praticado pelas empresas.

As indústrias estão implantando modificações nos seus sistemas de segurança do trabalho para atender ao novo texto da NR-10. Essa hipótese foi confirmada, pois as empresas pesquisadas estão promovendo diversas ações nos sistemas de segurança para atendimento dos requisitos da NR-10, tais como: implantação do sistema de habilitação, qualificação, capacitação e autorização dos trabalhadores, instalação de armários com vestimenta de segurança em todas as subestações, estabelecimento do procedimento de bloqueio de equipamentos, execução de análise de risco em todos os serviços com eletricidade, instalação de sistemas de alarme, detecção e combate de incêndio em subestações.

Os sistemas de segurança das instalações elétricas das indústrias procuram atender ao prescrito na NR-10 o suficiente para no caso de fiscalização não serem multados. Essa hipótese foi confirmada, pois há diversos pontos atendidos pelos sistemas de segurança das instalações elétricas da empresa estudada, tais como: instalação de SPDA, manutenção e certificação dos equipamentos nas áreas classificadas, as especificações das vestimentas de segurança, elaboração de plano de emergência para o sistema elétrico e revisão da documentação técnica de projeto.

Com relação à constituição e manutenção do Prontuário das Instalações Elétricas, concluiu-se que a empresa dispõe do conteúdo do Prontuário das Instalações Elétricas especificado no item 10.2.4 da NR-10, sendo necessário empreender esforços na revisão dos documentos de projeto, organização da documentação dos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, sistema de aterramento, sistema de proteção elétrica, testes de EPI e EPC, certificação dos equipamentos e materiais para áreas classificadas e organização da documentação de qualificação, habilitação, capacitação e autorização dos trabalhadores.

Quanto às práticas de segurança do trabalho e saúde ocupacional, constatou-se que a empresa adota boas práticas de segurança do trabalho e saúde ocupacional, sendo este um dos pontos positivos das organizações. Entretanto, há necessidade de melhora de alguns pontos, como, elaboração da análise de risco para especificação da vestimenta de segurança contra arco elétrico, inclusão de ações no sistema elétrico no plano de emergência da planta, elaboração de procedimentos de resgate para serviços no sistema elétrico e elaboração de ordem de serviços atendendo ao disposto na NR-1.

Quanto às práticas de sinalização, liberação e bloqueio das instalações elétricas, verificou-se que: as práticas de sinalização das instalações elétricas proporcionam segurança nas intervenções de manutenção e operação, pois havia identificação de forma clara e conforme documentação de projeto nos equipamentos e sistemas elétricos; procedimentos de bloqueio de equipamentos já estavam sendo utilizados, assim como a instalação de dispositivos de travamento em todas as gavetas, chaves e disjuntores; os procedimentos de restrição de acesso às subestações estavam implantados.

Em relação ao processo de habilitação, qualificação, capacitação e autorização dos trabalhadores, observou-se que: os trabalhadores não estavam atualizados, porém, o processo estava iniciado com o treinamento básico de eletricitistas e dos técnicos em eletricidade; faltava melhorar o nível desses treinamentos para todos profissionais e operadores de processo que interagem com o sistema elétrico e instruir formalmente os trabalhadores com atividade em zona livre e na vizinhança de zona controlada.

Quanto ao sistema de manutenção elétrica da empresa, concluiu-se que a unidade industrial dispõe de plano de manutenção preventiva informatizado com rotinas para intervenção nos diversos equipamentos, entretanto o plano não contemplava ações no SPDA, no sistema de aterramento e nas instalações em área classificadas.

Recomendações para melhoria do sistema de gestão de segurança da empresa: o processo de habilitação, qualificação, capacitação e autorização dos trabalhadores deve ser concluído, com a aplicação do treinamento básico e posterior autorização de todos os empregados (próprios e contratados) envolvidos com o sistema elétrico; o plano de manutenção preventiva elétrica da empresa deve ser revisado para incluir rotinas de manutenção dos sistemas de proteção do trabalhador e das instalações; os novos projetos desenvolvidos pela empresa devem observar as prescrições da NR-10 e das demais normas regulamentadoras.

Para a realização da pesquisa foi desenvolvida uma Lista de Verificação da NR-10, apresentada no Apêndice A, que pode ser utilizada na futura avaliação dos sistemas de segurança do trabalho de plantas industriais de outros segmentos.

Para a continuação do estudo realizado, a pesquisa evidenciou oportunidades para a realização de futuros trabalhos com o desenvolvimento de metodologia para análise de risco e especificação de vestimentas de proteção contra arcos elétricos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 5410*: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

_____. *ABNT NBR 5418*: instalações elétricas em atmosferas explosivas. Rio de Janeiro, 1995.

_____. *ABNT NBR 5419*: proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro, 2005a.

_____. *ABNT NBR 13231*: proteção contra incêndio em subestações elétricas de geração, transmissão e distribuição. Rio de Janeiro, 2005b.

_____. *ABNT NBR 14039*: instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV. Rio de Janeiro, 2005c.

_____. *ABNT NBR IEC 60079-0*: equipamentos elétricos para atmosferas explosivas – Parte 0: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2007.

_____. *ABNT NBR IEC 60079-10*: equipamentos elétricos para atmosferas explosivas – Parte 10: classificação de áreas. Rio de Janeiro, 2006.

_____. *ABNT NBR IEC 60079-17*: equipamentos elétricos para atmosferas explosivas – Parte 17: inspeção e manutenção de instalações elétricas em áreas classificadas (exceto minas). Rio de Janeiro, 2005d.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde do Trabalho - NR-10*. Segurança em instalações e serviços em eletricidade, 2005.

_____. *Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde do Trabalho - NR 13*. Caldeiras e vasos de pressão, 1994.

_____. *Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde do Trabalho - NR-23*. Proteção contra Incêndios, 1978.

_____. *Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde do Trabalho - NR-33*. Segurança e saúde nos trabalhos em espaços confinados, 2006.

_____. Lei no 6.515, de 22 de dezembro de 1997, que altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho - CLT.

_____. Ministério de Trabalho e Emprego. Portaria no 598 de 7 de dezembro de 2004 que aprova as Normas Regulamentadoras no 10 – NR-10.

_____. Ministério de Trabalho. Portaria no 3.214 que aprova as Normas Regulamentadoras – NR do Capítulo V, do Título II da CLT, de 8 de junho de 1978.

_____. Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial - INMETRO - Portaria No 176, de 17 de julho de 2000.

_____. Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial – INMETRO - Portaria No 683, de 6 e abril de 2006.

JORDÃO, D. M. *Manual de instalações elétricas em indústrias petroquímicas e de petróleo*. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

SOUZA, J. J. B.; PEREIRA, J. G. *Manual de auxílio na interpretação e aplicação da nova NR-10: NR-10 comentada*. São Paulo: LTr, 2005.

Instalações elétricas em centro cirúrgico adotando o sistema IT Médico

Henrique PINHAT NETO¹

Julio Cesar BELLAN²

Resumo: Este artigo visa apresentar, de maneira clara e sucinta, o que especifica as normas com relação às instalações elétricas em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EASs), bem como auxiliar na divulgação e esclarecimento deste tema tão importante e tão negligenciado, baseando-se no esquema de aterramento IT Médico. Visa, também, a um esclarecimento com relação à proteção elétrica de equipamentos, do corpo clínico e, principalmente, dos pacientes que a eles se sujeitam. Apesar de existirem, desde 2002, normas que regulamentam as instalações elétricas nesses setores, elas ainda não são seguidas, o que pode acarretar riscos, evidenciando a importância do cumprimento das normas de segurança.

Palavras-chave: IT Médico. Dispositivo de Supervisão de Isolação. RDC 50. (EAS). Centro Cirúrgico.

¹ **Henrique Pinhat Neto.** Bacharel em Engenharia Elétrica pelo Claretiano – Centro Universitário, polo de Rio Claro (SP). *E-mail:* <hitpinhat@yahoo.com.br>.

² **Julio Cesar Bellan.** Especialista em Proteção de Sistemas Elétricos de Potência pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Bacharel em Engenharia Elétrica pelas Faculdades Integradas Einstein (FIEL). Docente do Claretiano – Centro Universitário, polo de Rio Claro (SP). *E-mail:* <jcbellan@gmail.com>.

Electrical Installations in Surgical Center adopting the Medical IT System

Henrique PINHAT NETO

Julio Cesar BELLAN

Abstract: This article aims to present clearly and succinctly, the specifications of standards for electrical installations in medical locations and associated areas, based on the Medical IT grounding scheme. It assists in the dissemination and clarification of this subject, which is considered important, but neglected. Furthermore, a clarification of the electrical protective equipment is also provided both for the medical staff and especially for the patients. Although such standards have existed since 2002, they are not completely fulfilled and this fact can endanger these areas, highlighting the importance of compliance with these safety standards.

Keywords: Medical IT. Insulation Monitoring Device. RDC 50. Surgical Center.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Castellari (2009), as instalações elétricas em locais de assistência à saúde têm certas peculiaridades, por possuírem alguns setores de alto risco, onde uma falha pode gerar danos nocivos aos pacientes, à equipe médica ou aos equipamentos de suporte à vida, e é por esse motivo que se devem ser tomadas precauções quanto à instalação e proteção desses setores.

Devido à especificidade desses setores e a má divulgação das normas específicas, muitos erros ocorrem quanto a novas instalações, reformas e ampliações. Como exemplo dessas más instalações em centros cirúrgicos, há as obras em que se instalam DRs ou onde se aterriza diretamente o neutro.

Este trabalho visa trazer uma explanação com relação aos métodos de proteção utilizados em redes elétricas hospitalares por meio de uma revisão bibliográfica, focando, principalmente, no centro cirúrgico, onde a rede elétrica necessita ser devidamente protegida. Também visa levantar a importância do sistema de ligação elétrica IT e seu uso em ambientes médicos, denominado “IT Médico”, o qual se torna obrigatório em alguns setores, de acordo com a norma RDC 50.

2. SEGURANÇA DO SISTEMA IT

Este trabalho foi realizado com base nas normas RDC 50, de 2002, na norma NBR 13534, de 1995, que regulamenta as instalações em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EASs), e na NBR 5410, de 2004, que rege as instalações elétricas de baixa tensão até 1000 volts.

Riscos em ambientes hospitalares

De acordo com Barbosa, Iaione e Wendling (2009), Castellari (2009) e Monteiro (2016), os investimentos nos EASs vêm crescendo nos últimos anos no que diz respeito a equipamentos eletromédicos, o que demonstra uma maior necessidade de se regular essas instalações. Sendo assim, foram criadas as normas RDC 50 e a NBR 13534, que indicam o sistema IT Médico para alguns setores.

Não há dúvida de que o ambiente das EASs exige um maior nível de segurança por possuírem equipamentos ligados diretamente ao paciente, e por algum destes equipamentos serem de suporte como ocorre nos CTIs (Centros de Terapia Intensiva) e Centros Cirúrgico, onde os pacientes estão desacordados devido à sua condição clínica ou por intermédio de anestésicos e sedativos, estes equipamentos de suporte à vida são muito susceptíveis às variações da rede de alimentação, e a falha desses equipamentos pode levar o paciente a óbito, além, é claro, comprometer a segurança da equipe médica.

No caso de pacientes anestesiados, os possíveis danos causados pela passagem da corrente elétrica são aumentados, devido ao fato de que eles estão com seus sentidos suprimidos e, portanto, impossibilitados de sentir ou evitar o choque. Os anestésicos, na sua grande maioria, suprimem as reações musculares causadas pela corrente elétrica, o que impossibilita que a equipe médica perceba o que está ocorrendo com o paciente. Apesar de a pele ser o órgão que nos protege dos choques por possuir uma resistência elétrica considerável, na maioria dos procedimentos cirúrgicos, essa resistência está comprometida por cateteres e incisões que fornecem um fácil acesso para a corrente elétrica aos demais órgãos.

Proteção em EASs

Quando nos deparamos com os riscos apresentados anteriormente em um projeto, costumamos utilizar um dispositivo de proteção contrafuga para evitar choques elétricos ou possíveis danos nos equipamentos.

Segundo Naseeruddin (2004) e Okumoto (2006), a atuação de um dispositivo de proteção contrafuga, como no caso de DRs, em alguns ambientes de uma EAS, como as salas em um centro cirúrgico ou os leitos em uma UTI, pode ser tão ou mais perigosa do que a fuga propriamente dita, pois, nesses setores, há equipamentos de suporte à vida, como ventiladores pulmonares e aparelhos de anestesia, que, sem alimentação elétrica, podem acarretar a morte do paciente. Mesmo que esses equipamentos

possuam baterias, não se pode contar somente com essa medida, que existe apenas para garantir o funcionamento pelo tempo suficiente para os geradores entrarem em funcionamento.

Como vimos, o uso de DRs gera mais risco do que vantagem; por esse motivo, as normas em que se baseia este trabalho proibem o uso desses dispositivos nas EASs. Como alternativa, indica-se o uso do sistema de proteção IT Médico, que visa alimentar a segurança da instalação, da equipe e do paciente e minimizar a atuação dos dispositivos corretos para esse sistema.

Em conformidade com Castellari (2009) e Monteiro (2016), o sistema IT Médico é utilizado como proteção para equipamentos médicos, equipe e paciente. Entretanto, esse sistema, por si só, não é suficiente para garantir o funcionamento ininterrupto da instalação; também é necessário o uso de dois transformadores de entradas, e ambos com capacidade de suprirem sozinhos toda a carga. Estes devem ser instalados em paralelo ou com comutação automática do funcionamento entre eles e, preferencialmente, funcionar de forma alternada para garantir o funcionamento e diminuir o desgaste de ambos; dessa forma, caso ocorra um defeito no transformador de entrada, o outro supre completamente a carga até o reparo do primeiro.

Em caso de falhas na alimentação

De acordo com a RDC 50 e Castellari (2009), também deve ser previsto, nas EASs, um sistema de suprimento de energia para atuar em casos em que houver uma falha no fornecimento de energia da concessionária, e, para cada modelo de circuito e de equipamento, a norma especifica três classes:

- *Classe 0,5*: em caso de haver uma falha de alimentação ou uma queda de tensão nominal maior ou igual a 10% por período superior a três segundos, deve-se restabelecer alimentação elétrica através de um dispositivo automático de comutação para uma fonte de alimentação auxiliar em até 0,5 segundo e ser capaz de mantê-la por, pelo menos, uma hora, ou até que a alimentação seja reestabelecida.
- *Classe 15*: em caso de haver uma falha de alimentação ou uma queda da tensão nominal maior ou igual a 10% por período superior a três segundos, deve-se reestabelecer a alimentação elétrica através de um dispositivo automático de comutação para uma fonte auxiliar em até 15 segundos e ser capaz de mantê-la por, pelo menos, 24 horas, ou até que a alimentação seja reestabelecida.
- *Classe >15*: em caso de haver uma falha de alimentação ou uma queda da tensão nominal maior ou igual a 10% por período superior a três segundos, deve-se reestabelecer a alimentação elétrica através de um dispositivo automático de comutação ou manualmente para uma fonte auxiliar em período superior a 15 segundos e ser capaz de mantê-la por, pelo menos, 24 horas, ou até que a alimentação seja reestabelecida.

Ainda, a norma determina três grupos, nos quais classifica as categorias de risco:

- *Grupo 0*: equipamentos eletromédicos sem partes aplicadas ao paciente.
- *Grupo 1*: equipamentos eletromédicos com partes aplicadas externamente ao paciente ou aplicadas a fluidos corporais, mas não empregados diretamente ao coração.
- *Grupo 2*: equipamentos eletromédicos empregados ao coração e equipamentos essenciais para o suporte à vida.

A classe > 15, por possuir um tempo de realimentação mais lento e possivelmente manual, abrange uma gama de equipamentos de baixo risco, sendo eles, mais comumente, os do grupo 0 e, em alguns casos, equipamentos do grupo 1. Sua realimentação ocorre através de bancos de baterias ou geradores, e, devido ao custo, é recomendado o uso de geradores.

A classe 15, por ser de realimentação exclusivamente automática e mais rápida, abrange uma gama de equipamentos de médio risco, sendo esses equipamentos pertencentes ao grupo 1, e, da mesma forma que a classe > 15, sua realimentação pode ser dada através de bancos de baterias ou geradores, sendo mais recomendado o uso de geradores, devido ao custo.

A classe 0,5, por ser muito rápida, sua realimentação abrange uma gama de equipamentos de alto risco, tendo de ocorrer de maneira instantânea. Os equipamentos pertencentes a essa classe são do grupo 2 e alguns do grupo 1, e a realimentação ocorre por intermédio de um *nobreak*.

Segundo Monteiro (2016), Castellari (2009) e Okumoto (2006), em um setor, ou mesmo em uma mesma sala, podemos encontrar os três grupos de equipamentos; nesse caso, as tomadas devem ser devidamente identificadas. Porém, alguns setores onde ocorrem mais de um grupo são classificados pela norma RDC 50 – por exemplo, em uma sala cirúrgica exclusivamente dos grupos 1 e 2, mesmo que equipamentos do grupo 0 estejam instalados, não deverá haver tomadas >15, mas o contrário não pode ocorrer, ou seja, não se pode utilizar equipamentos do grupo 2 em ambientes que sejam da classe >15. Portanto, é possível utilizar equipamentos de grupos mais baixos em instalações de realimentação mais rápida, mas o contrário não é recomendado.

Assim como no caso dos transformadores de entrada, que trabalham de forma dúbia para evitar pausas e imprevistos, os sistemas de monitoramento e comutação devem trabalhar no mesmo regime, para manter o sistema sob monitoramento constante. Mesmo em casos nos quais houver falhas na placa, o gerador e o *nobreak* também devem possuir um sistema duo, ou seja, para os casos da classe 15 e classe > 15, deve haver dois bancos de baterias ou um banco de baterias mais um gerador ou dois geradores capazes de suprir de forma isolada a carga completa do sistema. Além disso, tais sistemas devem ser instalados de maneira a ser substituídos automaticamente, e, no caso da classe 0,5, temos de trabalhar com dois *nobreaks* instalados no mesmo sistema para evitar interrupções.

A iluminação em corredores e ambientes de passagem, assim como nos setores de risco, como no caso dos centros cirúrgicos e UTIs, deve ser constituída de, ao menos, uma lâmpada ou metade dessas lâmpadas posicionadas de forma intercalada, ligadas ao sistema de segurança da classe 0,5.

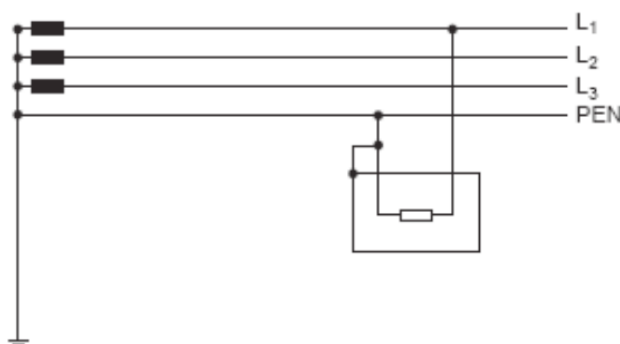
Sistema IT Médico

Sistemas de aterramento

Em conformidade com a RDC 50 e Okumoto (2006), nas instalações elétricas, temos algumas classificações de aterramento, como no caso dos sistemas TN-S, TN-C, TN-C-S, TT e IT, em que a primeira letra T representa que o sistema possui partes aterradas e a I, que não possui partes diretamente aterradas ou uma aterrada por meio de impedância. A segunda letra, no caso do N, significa que existem massas ligadas ao ponto de alimentação aterrado, e, quando relacionado ao T, significa que as massas são aterradas independentemente de a alimentação ser ou não aterrada. A terceira letra, no caso do S, significa que a função do condutor neutro e do condutor de aterramento são desempenhadas separadamente, e, no caso de C, significa que o condutor neutro e o condutor de aterramento são o mesmo, formando, dessa forma, o condutor PEN.

Nos sistemas TN-C, o condutor neutro e o condutor de aterramento estão presentes em um único condutor denominado neste caso de PEN, como podemos ver na Figura 1:

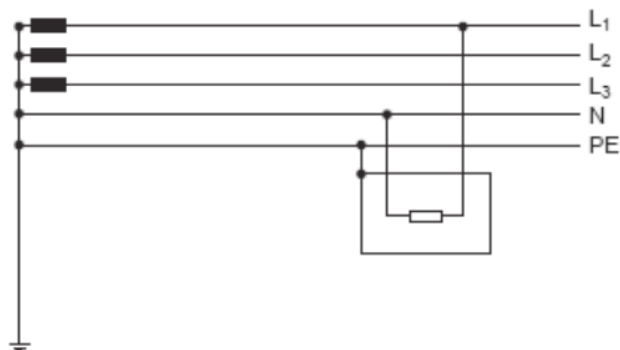
Figura 1. Esquema de ligação do sistema TN-C.



Fonte: ABB-monitor de isolamento Isoltester (2011).

No sistema TN-S, o condutor neutro e o condutor de aterramento são elementos diferentes, sendo que o neutro é aterrado apenas no barramento principal e apenas o condutor de aterramento é ligado às massas, como na Figura 2:

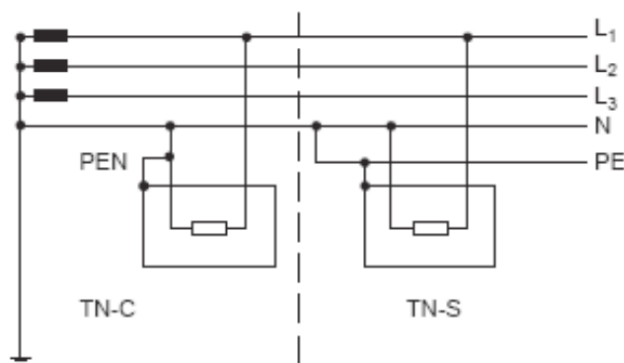
Figura 2. Esquema de ligação do sistema TN-S.



Fonte: ABB-monitor de isolação Isoltester (2011).

No caso do sistema TN-C-S, temos, inicialmente, o condutor PEN, entretanto, a partir de um ponto da instalação ou em um trecho dele, o condutor PEN divide-se em um condutor neutro e um condutor de aterramento, como vemos na Figura 3.

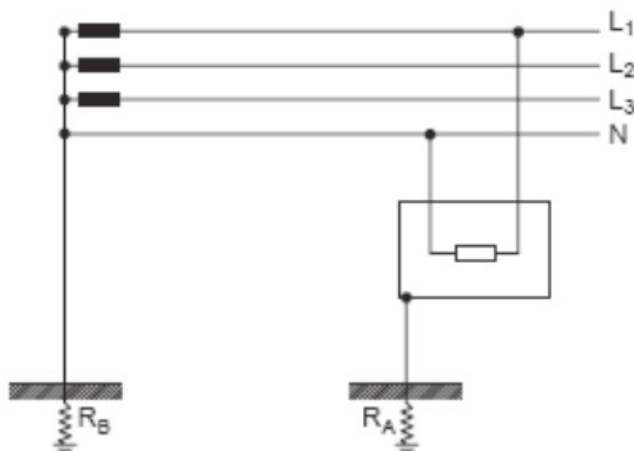
Figura 3. Esquema de ligação do sistema TN-C-S.



Fonte: ABB-monitor de isolação Isoltester (2011).

No sistema TT, temos o neutro aterrado; entretanto, o aterramento das massas não está ligado diretamente ao aterramento do neutro, como podemos ver na Figura 4.

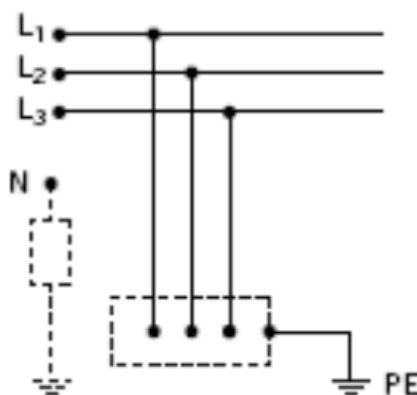
Figura 4. Esquema de ligação do sistema TT.



Fonte: ABB-monitor de isolamento Isoltester (2011).

O sistema IT possui o condutor neutro aterrado por meio de uma impedância e as cargas aterradas independentemente.

Figura 5. Esquema de ligação do sistema IT.



Fonte: ABB-monitor de isolamento Isoltester (2011).

Segurança gerada pelo sistema IT Médico

De acordo com Castellari (2009), Okumoto (2006) e Monteiro (2016), uma das características do sistema IT Médico está diretamente relacionada à sua peculiaridade no que diz respeito ao aterramento, pois aterramos o neutro por intermédio de uma impedância, assim como no sistema IT, entre ele e o condutor de aterramento. Isso se dá por meio de uma impedância; dessa forma, limitamos a corrente, e, no caso de falhas nesse sistema, não há a necessidade de distribuição do neutro no circuito.

Em conformidade com Barbosa, Iaione e Wendling (2009) e Naseeruddin (2004), a alimentação de um sistema IT Médico também deve ser isolada das demais partes do circuito por meio de um transformador de isolamento; este aumenta a segurança contra as oscilações da rede, evitando, assim, a transmissão de grandes interferências por meio de equipamentos e defeitos que possam ocorrer nas demais áreas da instalação. Dessa forma, a instalação fica completamente isolada.

De acordo com Barbosa, Iaione e Wendling (2009), Castellari (2009), Monteiro (2016), Naseeruddin (2004) e Okumoto (2006), a segurança completa-se com o uso de um dispositivo supervisor de isolamento. Dessa forma, caso ocorra uma falha na isolamento, mesmo que esta seja grave, onde uma corrente de fuga percorre o coração durante uma cirurgia, a corrente será limitada pela impedância do aterramento, isso permite que o dispositivo supervisor de isolamento seja programado de maneira que quando a isolamento é comprometida, não necessariamente completamente comprometida como no caso citado

acima podendo ser apenas uma queda na resistência de isolamento dos condutores, o dispositivo ao invés de desligar a alimentação do circuito alarma avisando que ocorreu ou que está muito próxima a primeira falha, avisando que o potencial terra foi comprometido e que o defeito deve ser resolvido o mais rápido possível. Esse alarme deve ser sonoro e visual e deve ocorrer necessariamente nas salas onde o sistema de isolamento foi comprometido e está oferecendo risco. O alarme alerta a equipe médica de que houve uma primeira falha, porém, também é recomendado que o mesmo alarme ocorra no posto de enfermagem e na manutenção, para garantir a efetivação do comunicado à equipe de manutenção, diminuindo o tempo até o reparo. Esse alarme deve possuir um sistema para silenciá-lo e não atrapalhar no procedimento; entretanto, o sinal luminoso não deve ser possível desligá-lo até que o defeito seja solucionado.

Como o primeiro erro gera apenas uma corrente de fuga muito baixa e não prejudicial, o dispositivo de supervisão de isolamento não desliga a alimentação. O mesmo ocorre em caso de ruptura ou desconexão do condutor de aterramento; entretanto, essas falhas levam o potencial terra a um ponto de alimentação. Dessa forma, uma segunda falha gera um risco aumentado, pois a diferença de potencial será equivalente à tensão entre fases, e isso gera uma corrente mais elevada, portanto, gera maiores riscos. Nesse caso, ao detectar a segunda falha na isolamento, o alarme não pode ser silenciado, além de a alimentação precisar ser interrompida, não podendo ser reestabelecida até que a falha tenha sido corrigida.

Segundo Naseeruddin (2004) e Barbosa, Iaione e Wendling (2009), em um sistema IT Médico, também devemos monitorar o transformador de isolamento, pois um defeito nele seria transferido diretamente para o sistema que ele deveria proteger. Portanto, a temperatura desse transformador deve ser constantemente monitorada por um dispositivo de monitoramento de temperatura. Esse dispositivo deve possuir duas temperaturas de configuração, sendo que, ao atingir a primeira temperatura mais branda, um alarme sonoro e visual deve ser acionado, anunciando uma possível falha de alimentação e a necessidade de manutenção. Ao atingir a segunda temperatura mais elevada, o dispositivo deve desligar a alimentação.

Assim como as classes de tempo de realimentação podem estar presentes no mesmo ambiente, também se pode usar tomadas com o sistema IT Médico e tomadas com outros sistemas, contanto que as tomadas estejam bem identificadas e que não exista a possibilidade de as confundir, ou seja, não podem estar uma ao lado da outra, para que os equipamentos de maior risco não possam ser ligados por engano em tomadas inadequadas.

Piso em um sistema IT Médico

Segundo Naseeruddin (2004), Monteiro (2016) e Okumoto (2006), outro ponto que devemos levar em consideração quando estamos projetando um ambiente IT Médico, principalmente em centros cirúrgicos, são as características elétricas do piso do ambiente. Um erro muito comum é considerar mais segura a utilização de pisos isolantes; entretanto, muitos procedimentos ocorrem invasivamente nesses setores, o que diminui a resistência do corpo e o torna mais susceptível à passagem de corrente elétrica. Além disso, pode-se ter pacientes mais debilitados ou que necessitam de equipamentos de auxílio cardíaco sensíveis à corrente elétrica, como os marca-passos, e, nesses casos, pisos isolantes também geram potenciais eletroestáticos que podem oferecer grande risco a esses pacientes.

Os pisos mais indicados para esses ambientes são os pisos semicondutores, em que a resistência elétrica está na faixa de $50K\Omega$ a $1M\Omega$ – valores acima de $1M\Omega$ são considerados pisos condutores e, portanto, oferecem os riscos supracitados, já pisos com resistências menores do que $50K\Omega$ são considerados pisos condutivos, o que diminui a segurança do sistema de aterramento IT, pois mantém quem está em contato com esse piso diretamente aterrado.

Para completar a segurança das instalações, é recomendada a colocação de uma malha metálica aterrada em conjunto com o sistema de aterramento IT Médico. Essa malha deve ser instalada entre o piso semicondutor e o solo, para garantir que a base do piso semicondutor esteja no mesmo potencial do terra do sistema, ou seja, para que a impedância do sistema de aterramento independa da resistência do piso semicondutor. Desse modo, a segurança do piso soma-se à segurança do sistema de aterramento, diminuindo os riscos.

3. METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre as boas práticas (ou normas) aplicadas às instalações elétricas e destas aplicadas a instalações em um ambiente de saúde. A fim de exemplificar essas práticas, foi apresentado um estudo de caso de uma instalação elétrica em centro cirúrgico, baseado nas normas e artigos relacionados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos concluir que, com o crescimento da população, aumentou-se o número de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EASs) e tornou-se necessário um aprimoramento dos sistemas de proteção nesses estabelecimentos. Portanto, ao se reformar, ampliar ou construir um EAS, é necessário se atentar à norma que o regulamenta, como a RDC 50, a NBR 5410 e a NBR 13534. Dessa forma, garantimos a segurança dos pacientes, do corpo clínico e dos equipamentos presentes no estabelecimento.

Como vimos, se seguirmos as normas que regulamentam as obras que ocorrem nos EASs, estaremos preservando a vida daqueles que utilizam ou dependem dos equipamentos desses estabelecimentos.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5413*: iluminação de interiores. Rio de Janeiro: 1992.

_____. *NBR 13534*: instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde – requisitos para segurança. Rio de Janeiro: 1995.

_____. *NBR 5410*: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: 2004.

ADMINISTRAÇÃO CENTRAL DO SISTEMA DE SAÚDE, IP. *ACSS*: recomendações e especificações técnicas do edifício hospitalar. Lisboa: 2011.

BARBOSA, A. T. R.; IAIONE, F.; WENDLING, R. F. Um sistema de segurança elétrico hospitalar interligado por rede sem fio. In: XXVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES, Blumenau, 2009. Disponível em: <http://www.eletrica.ufpr.br/anais/sbrt/SBrT27/Sess%C3%B5es%20T%C3%A9cnicas_Artigos/Sess%C3%A3o%20T%C3%A9cnica_28/2_57429.pdf>. Acesso em: 22 maio 2016.

BRITISH STANDARDS EUROPEAN STANDARD. *BS EN 61558-1*: safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products. 2005.

CASTELLARI, S. *Segurança elétrica em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS)*. 2009. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/58-artigos-e-materias-relacionadas/131-seguranca-eletrica-em-estabelecimentos-assistenciais-de-saude-eas.html>>. Acesso em: 22 maio 2016.

COSTA, H. *Monitor de isolamento Isoltester*. 2011. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKÉwi0udii-f_MAhUE6yYKHV5hDYIQFggvMAI&url=https%3A%2F%2Fxa.yimg.com%2Fkq%2Fgroups%2F18974840%2F27783653%2Fname%2FIsoltester%2BApresentacao%2B16-02-11.pdf&usq=AFQjCNGWYqNceijyccNHIGpaeV-QLrOEQ&bvm=bv.123325700,d.eWE>. Acesso em: 22 maio 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *RDC 50*: regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde. Rio de Janeiro: 2002.

MONTEIRO, A. *Requisitos técnicos de um projeto de instalações elétricas para uma sala de cirurgia*. Disponível em: <http://resgatebrasiliavirtual.com.br/moodle/file.php/1/E-book/Materiais_para_Download/Hospitalar%20e%20Laboratorios/INSTALA%C7%D5ES%20EL%C9TRICAS%20PARA%20UMA%20SALA%20DE%20CIRURGIA.pdf>. Acesso em: 22 maio 2016.

NASEERUDDIN, S. M. *Electrical safety in healthcare facilities*. 2004. Disponível em: <<http://iep-sa.org/wp-content/uploads/2015/11/Electrical-Safety-in-Healthcare-Facilities.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2016.

OKUMOTO, J. C. *Avaliação das instalações elétricas de centro cirúrgico*. Estudo de caso: Hospital Universitário da UFMS. 2006. 129f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, 2006. Disponível em: <<http://repositorio.cbc.ufms.br:8080/jspui/bitstream/123456789/646/1/Jo%C3%A3o%20Cesar%20Okumoto.pdf>>. Acesso: 12 maio 2016.

TPM – “*Total Productive Maintenance*”: estruturação da manutenção planejada para o “Zero Quebra”

Braulher De Oliveira CONEGLIAN¹

Diego de Andrade Rodrigues de SOUZA²

Marçal SIQUEIRA NETO³

Silvio Nunes dos SANTOS⁴

Resumo: Este artigo apresenta uma ordenação através da metodologia da TPM do pilar de manutenção planejada para transformar as pessoas, os métodos e a maneira de trabalhar dentro de uma organização com a implantação da metodologia. Mostra também uma sequência de implantação para que o time técnico e o pilar se conversem da mesma forma para garantir que as perdas sejam reduzidas a zero, principalmente falando de manutenção as perdas referentes à quebras. Os resultados decorridos com as metodologias da TPM levaram a perceber que existem causas raízes dos problemas que não são corretamente solucionados devido à falta de estudo das quebras e com isso a manutenção não é efetiva, assim como a exemplificação de porquê uma manutenção quando atuada apenas na correção não garante confiabilidade, e qual o motivo de planejarmos uma manutenção dos equipamentos.

Palavras-chave: Manutenção Produtiva Total (TPM). Manutenção Baseada na Condição (CBM). Manutenção Baseada no Tempo (TBM). Confiabilidade.

¹ **Braulher de Oliveira Coneglian.** Bacharelado em Engenharia Mecatrônica pelo Claretiano – Centro Universitário, Polo de Rio Claro (SP). *E-mail:* <braulher.coneglian@gmail.com>.

² **Diego de Andrade Rodrigues de Souza.** Bacharelado em Engenharia Mecatrônica pelo Claretiano – Centro Universitário, Polo de Rio Claro (SP). *E-mail:* <dandradeana@gmail.com>.

³ **Marçal Siqueira Neto.** Bacharelado em Engenharia Mecatrônica pelo Claretiano – Centro Universitário, Polo de Rio Claro (SP). *E-mail:* <netondo_x@hotmail.com>.

⁴ **Silvio Nunes dos Santos.** Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade de Taubaté (Unitau). Especialista em Engenharia de Produção pela Universidade São Judas Tadeu (USJT). Especialista em Docência no Ensino Superior pelo Claretiano – Centro Universitário. Aluno especial da disciplina Planejamento e Controle do Programa de Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Docente e Coordenador de Curso pelo Claretiano – Centro Universitário, polo de Rio Claro (SP). *E-mail:* <silvionu@gmail.com>.

TPM – “Total Productive Maintenance”: structuring of planned maintenance to “ZeroBreaks”

Braulher De Oliveira CONEGLIAN

Diego de Andrade Rodrigues de SOUZA

Marçal SIQUEIRA NETO

Silvio Nunes dos SANTOS

Abstract: This article presents an order through the TPM methodology of the planned maintenance to transform people, the methods and the way of working within an organization with the implementation of the methodology. It also shows a sequence of deployment for the technical team and the pillar if talk similarly to ensure that losses are reduced to zero, mainly talking about losses relating to maintenance breaks. The results after with the methodologies of PMS led to realize that there are root causes of the problems are not solved properly due to lack of study of the falls and the maintenance is not effective, as well as examples of why a maintenance when actuated only in the correction does not guarantee reliability, and why we can plan a maintenance of the equipment. “

Keywords: Total Productive Maintenance (TPM). Condition-based Maintenance (CBM). Time-based Maintenance (TBM). Reliability.

1. INTRODUÇÃO

O TPM nasceu do esforço de empresas japonesas, que tinham como resultado aprimorar o conhecimento e a execução da manutenção preventiva, que, por sua vez, nasceu nos Estados Unidos na década de 50. Por meio da cristalização das técnicas da manutenção preventiva, manutenção do sistema de produção, prevenção da manutenção e engenharia de confiabilidade, em 1971, foi formatada a metodologia TPM.

Essa metodologia, muitas vezes, é entendida de forma errônea quando se escuta pela primeira vez, devido ao nome “manutenção” em sua composição, dá-se a entender que a aplicação é restrita às atividades de manutenção do estado físico do equipamento, quando, na verdade, o TPM engloba alguns passos que devem ser seguidos e esses passos que movimentam o método necessitam de pilares, e o principal dos pilares que dá andamento ao TPM nas empresas é o pilar de Manutenção Autônoma, o qual é aplicado diretamente ao time principal (operação).

A metodologia do TPM almeja, em sua excelência, melhorar a eficiência da planta e de seus equipamentos, somente se chega a esse nível de entrega quando se adota a metodologia em todas as esferas dentro da planta, por isso os próprios operadores, que são os níveis de maior contato com os equipamentos, devem cuidar, inspecionar, limpar, lubrificar e tornar-se donos de seu equipamento.

A Manutenção Produtiva Total tem por objetivo/significado buscar a falha zero e quebra zero das máquinas, levando assim a defeito zero nos produtos e zero perda no processo, portanto, é uma metodologia que aborda a gestão para a eliminação de todas as perdas, sejam elas intrínsecas ou não, de equipamentos ou de pessoas, matéria-prima ou de processo.

De acordo com Ribeiro (2014), o TPM busca a perda zero e quebra zero dentro de uma corporação, fábrica, companhia, seja ela qual perda for. Isso representa um incremento da produtividade e, por consequência, uma maior competitividade para a empresa.

Dentro das metas da manutenção produtiva total, podem ser classificadas as perdas de acordo com alguns fatores e itens de controle, são eles:

- *Qualidade – Q (Quality)*: Redução do nível de produtos defeituosos e redução do número de reclamações internas e externas.
- *Produtividade – P (Productivity)*: Aumento do volume de produção por operadores, aumento da disponibilidade operacional das máquinas e redução de paradas acidentais das máquinas.
- *Custo – C (Cost)*: Economia de energia, redução do custo de manutenção ao longo do tempo, simplificação do processo (redução de etapas), redução do volume estocado.
- *Atendimento – D (Delivery)*: Aumento do cumprimento do prazo.
- *Moral – M (Motivation)*: Aumento do número de sugestões, redução do absenteísmo, eliminação dos acidentes de trabalho, melhoria da qualificação e empregabilidade.
- *Meio Ambiente – S (Safety)*: Redução/eliminação de impactos ambientais e de gastos com tratamento de rejeitos e emergências.

Essas perdas classificadas são distribuídas entre 8 (oito) pilares estruturais que consistem em desde a fase de planejamento até a execução e são divididos em pilares técnicos e pilares complementares. Cada pilar assume a frente de algumas perdas que são eliminadas por meio de ferramentas e das metodologias que as englobam.

O pilar de Manutenção Planejada tem como meta erradicar as paradas e prevenir a falha dos equipamentos e componentes antes destas ocasionarem a quebra. Fazendo a utilização das metodologias e das ferramentas, o objetivo é trazer à vista todos os defeitos antes que eles ocorram e, assim, fazer a prevenção.

Como citado em Ribeiro (2014), a Manutenção Planejada consiste em detectar e tratar as anormalidades dos equipamentos antes que eles produzam defeitos ou perdas. O principal objetivo é o desenvolvimento de um sistema que promova a eliminação de atividades não programadas de manutenção.

Tudo isso porque a maior parte das falhas ocorre por desgastes acelerados dos equipamentos, falta de condição básica – na qual se enquadram limpeza, ajustes, lubrificação e segurança. Outra maior causa das falhas e das quebras é decorrente de operações e reparos errados, que são executados por profissionais não capacitados, sejam eles manutenedores ou operadores, sem habilidade ou mesmo até por falta de especialistas mantenedores.

De acordo com Ribeiro (2014), as maiores causas de falha/quebras são as operações e os reparos inadequados, provocados por falta de capacitação da equipe de manutenção. Sem uma maior habilidade técnica dos manutenedores, a confiabilidade e manutenibilidade estarão sempre comprometidas.

Hoje em dia, cada vez mais as empresas têm em vista maior competitividade no mercado, redução de custos, fazer mais com menos e para isso devem-se solucionar os problemas referentes às perdas de *Produtividade – P (Productivity)*.

Para serem eliminadas as perdas de quebras de equipamentos provenientes de falhas, pequenas paradas, e tratar as anormalidades, devem ser utilizadas algumas estratégias provenientes do TPM que estão incluídas no pilar de manutenção planejada, além de transformar todo o método de manutenção corretiva em manutenção planejada, a fim de tratar os problemas antes das ocorrências.

A primeira estratégia é implementar todos os KAI's (*Key Activities Indicator*) e KPI's (*Key Performance Indicator*) dentro do pilar de manutenção planejada, que conectam diretamente a missão e a visão da companhia.

Os indicadores são representados por gráficos, números, planilhas, geralmente quantitativos, que permitem que a companhia possa fazer um gerenciamento e tornar visíveis esses dados, ou seja, implementar uma gestão visual para indicar a saúde de determinado processo, ferramenta ou metodologia.

Segundo Costa Junior (2012), pelos indicadores, a empresa pode obter o monitoramento dos processos produtivos, o gerenciamento das atividades, o acompanhamento das metas e dos objetivos. Além disso, também é possível mostrar tendências, identificar fatores de risco, focalizar ações de melhorias e validar ações implementadas.

- “*Key Activities Indicator*” (KAI): São indicadores de atividades ou de ferramentas que são utilizados para fazer a gestão de processos no dia a dia, que vão ajudar a entrega da *performance*, em busca da *high performance* de uma organização.
- “*Key Performance Indicator*” (KPI): São indicadores geralmente chamados de “macros”, porque, por meio do monitoramento de pequenas atividades (KAI's), entregamos o resultado da melhor *performance* e, para medir a saúde dessa melhor *performance*, temos esses indicadores que se conectam diretamente com a missão e a visão da companhia.

Alguns indicadores de *performance* (KPI's) e indicadores de atividades (KAI's) a serem gerenciados pela manutenção planejada são:

- MTBF (*Medium Time Between Failure*);
- MTBB (*Medium Time Between Breakdowns*);
- MTTR (*Medium Time to Repair*);
- RCM (*Reliability-Centered Maintenance*);
- Gestão de *Spare-Parts*;

Problema e Hipótese

Identifica-se como o maior problema a falta de gestão e de conhecimento dos equipamentos e dos ativos, não monitorando e agindo de forma corretiva, pois não se identifica as causas raízes e as falhas

antes de ocasioná-las. Defende-se ser necessário fazer a gestão por meio da metodologia TPM e das ferramentas para ter conhecimento e agir antes de um determinado problema ou falha, nos dando a capacidade de planejar para manter.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

TPM – “*Total Productive Maintenance*”

O TPM, além de uma metodologia, traz ao local de trabalho um ambiente de melhoria contínua dos sistemas produtivos, levando ao resultado de zero perda no processo e zero falha. Sendo assim, as definições vindas de autores diversos e a origem dos mesmos sobre o assunto apresentam-se neste tópico.

Afirmam Kardec e Nascif (2002) que a Manutenção Produtiva Total é um conceito inovador desenvolvido e aplicado no Japão, em meados de 1950, mas originalmente concebido nos EUA, foi levado até o Japão para uma das divisões na época da empresa do Grupo Toyota.

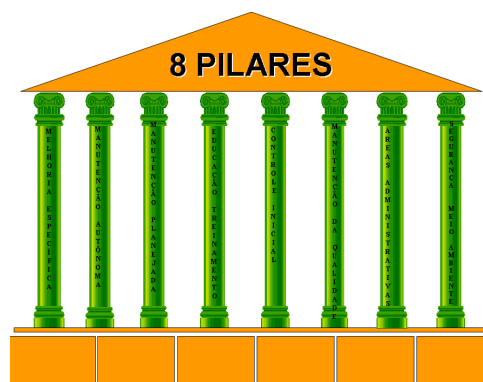
A primeira companhia a aderir à metodologia foi a Nippon Denso, dando início a um programa de manutenção preventiva em 1960. Conforme Kardec e Nascif (2002), a junção dos esforços de uma manutenção autônoma com a manutenção preventiva e a melhoria da confiabilidade originou, de forma ampla, a Manutenção Produtiva Total, em 1970.

Devem-se tomar alguns cuidados com a implantação do TPM, pois, se não gerenciado de forma correta e com as necessidades requeridas, torna-se um programa mal executado e o grande retorno disso é a falta de credibilidade por partes das pessoas que o vivenciaram, além de prejuízos para a organização. Para evitar isso, é preciso que seja feita uma análise e reorganizar a filosofia da TPM dentro das características de cada organização, considerando: variedade de produto, escala de negócio, arranjo físico, capacidade produtiva, instalações industriais, entre outros fatores (TAKAHASHI; OSADA, 1993).

Kardec e Nascif (2002, p. 181) afirmam que a TPM objetiva a “[...] eficácia da empresa por meio da maior qualificação das pessoas e melhoramentos introduzidos nos equipamentos”. Com a capacitação de todos os envolvidos, tornam-se possíveis as modificações em equipamentos com qualidade no serviço, melhorando a eficiência global final.

Para implantar a TPM junto à organização, é necessário realizar etapas pré-definidas, lembrando que cada empresa deve ajustar o modelo conforme seu negócio, devido às metas e aos objetivos a serem exclusivos para cada caso. Mas, para uma base sólida, existem os pilares básicos da sustentação da TPM (NAKAJIMA, 1989).

A Figura 1 demonstra quais são os 8 Pilares de Sustentação da Manutenção Produtiva Total.

Figura 1. Os oito Pilares da TPM.

Fonte: adaptado de Loss Prevention Consulting & Training (2004).

De acordo com Nakajima (1989) e Suzuki (1994), a TPM normalmente é implantada em quatro fases:

- 1) Preparação.
- 2) Introdução.
- 3) Implantação.
- 4) Consolidação.

As doze etapas que representam as Fases são apresentadas, resumidamente, no Quadro 1.

Quadro 1. Fases e Etapas da Implantação da Manutenção Produtiva Total.

FASE	ETAPA	ELEMENTOS BÁSICOS
Preparação	1. Decisão de alta administração (Diretoria)	Comprometimento da alta administração
	2. Treinamento inicial	Cursos / Palestras / Teatro para todos os níveis hierárquicos
	3. Estrutura organizacional do TPM	Formação de comitês e pequenos grupos
	4. Estabelecer diretrizes	Objetivos / Indicadores de metas
	5. Plano diretor	Planejamento para implantação
Introdução	6. Partida do TPM	Comunicação formal das diretrizes (convite a empresas afiliadas, fornecedores e clientes)
Implantação	7. Estruturação dos pilares para confiabilidade do sistema produtivo	Busca da máxima eficiência produtiva dos equipamentos existentes
	7.1 Melhoria específica	Eliminar as grandes perdas atrás de pequenos grupos multifuncionais
	7.2 Manutenção autônoma	Aumento da capacidade técnica do operador
	7.3 Manutenção planejada	Quebra/falha zero
		Restauração da confiabilidade
	7.4 Educação e treinamento	Elevar os níveis de conhecimento
		Mudanças culturais e reeducação
	8. Controle inicial	Minimização das ineficiências em novos produtos, processos e equipamentos
	9. Manutenção e qualidade	Eliminar defeitos em produtos / Defeito zero
	10. TPM nos Departamentos Administrativos	Maximização da eficiência administrativa
Informações confiáveis		
11. Segurança, Higiene e Meio Ambiente	Zero acidentes / Zero poluição	
Consolidação	12. Aprimoramento	Corrigir desvios
		Novas metas

Fonte: adaptação de Loss Prevention Consulting & Training (2004), “Loss Prevention Consulting & Training”.

Segundo Slack et al. (1999), a TPM busca estabelecer a boa prática da manutenção por meio de cinco metas: realizar manutenção autônoma; planejar a manutenção; treinar todo o pessoal em habilidades de manutenção necessárias; conseguir gerir os equipamentos no início e melhorar a eficácia dos mesmos.

Dentre as metas, serão detalhadas as duas principais que entregam o resultado das outras, cabendo serem definidas na próxima seção.

Manutenção Autônoma

Com os avanços da tecnologia, os sistemas dentro de uma organização estão necessitando cada vez mais de automatização para eliminar a limitação humana, reduzir gastos e aumentar a produtividade e isso traz consequências à manutenção dos equipamentos.

Como afirma Xenos (2004), essa manutenção tornou-se mais complexa, pois o conhecimento passou a envolver diferentes áreas, como: mecânica, hidráulica, eletrônica, entre outras.

Então, na visão de Slack et al. (1999), a manutenção autônoma permite que os funcionários envolvidos com os equipamentos da produção assumam a responsabilidade pelo menos em algumas tarefas da manutenção, com intuito de melhorar o desempenho de manutenção.

Conforme citado por Saltorato e Cintra (1999), a manutenção autônoma é a agregação dos esforços de ações e medidas que os operadores tomam no sentido de melhorar a vida dos equipamentos que operam, tornando os mesmos autônomos e “donos” de seus equipamentos, trazendo a conscientização de sua importância no processo da manutenção.

Pois o objetivo dessa conscientização, na concepção de Corrêa e Corrêa (2007, p. 662), “[...] é alargar o trabalho das pessoas que realizam a produção ou prestam um serviço, de forma que algumas tarefas de manutenção preventiva sejam por elas assumidas”.

A principal ideia da Manutenção Autônoma “[...] é utilizar os operadores de máquina para executar algumas tarefas rotineiras de manutenção. Estas tarefas incluem a Limpeza Diária, Inspeção, reaperto requeridos pelo equipamento” (MOBLEY; HIGGINS; WIKOFF, 2008, p. 135).

Conforme citam Saltorato e Cintra (1999), se a produção e a manutenção trabalharem juntas, com certeza o resultado será a redução das falhas, paradas e quebras.

Para a Manutenção Autônoma ser completa, devem ser consideradas sete etapas de aplicação:

- Preparação da Limpeza (desmontagem do maquinário e separação das peças).
- Limpeza detalhada e controle visual (inspeção).
- Etiquetar fontes de avarias.
- Verificar Manuais e estabelecer padrão de funcionamento e estado adequado do equipamento.
- Consertar, sanar as fontes de avarias.
- Inspeccionar o equipamento diariamente e anotar as ocorrências.
- Melhorar as práticas de funcionamento e produção do maquinário.

Esses sete passos têm transformado o comportamento e acelerado os resultados produtivos e tem fundamento no desenvolvimento dos operadores, entregando a eles o sentimento de serem “donos”, “autônomos” e tornando visível que a responsabilidade sobre os equipamentos são dos mesmos. Sendo assim, para aumentar o cuidado, começa a criar uma habilidade de inspecionar e identificar o modo das falhas e defeitos, além de realizar reparos, ajustes, regulagens e a limpeza profunda de seu equipamento.

Manutenção Planejada

Um gerenciamento da manutenção e dos equipamentos, uma gestão das máquinas é algo que toda organização deseja, mas algo que a maioria não consegue vivenciar. A utilização da manutenção planejada é uma das abordagens da TPM, para adquirir um melhor aproveitamento da vida útil dos equipamentos e também mantê-los sempre em seu perfeito estado de produção, ou seja, em sua condição básica.

Segundo Kardec e Nascif (2002), a Manutenção Planejada visa à redução das falhas e quebras – que ocasionam a queda de desempenho –, seguindo um plano de gestão previamente elaborado, tendo como bases intervalos definidos de tempo.

De acordo com Mobley, Higgins e Wikoff (2008, p. 135), a “[...] teoria prevalecente é que com o aumento de manutenção planejada, a não planejada (avarias, falhas) tende a cair, e o custo total com manutenção abaixa como resultado”. Seguindo ainda a visão do autor, a manutenção planejada utiliza dados, chamados também de indicadores, para medir a capacidade do processo e das máquinas, a fim de encontrar níveis de desempenho aceitáveis e não aceitáveis. A capacidade de máquina é avaliada de forma a conhecer a habilidade dos equipamentos em executar um conjunto específico de operações e a capacidade do processo é avaliada pela habilidade do mesmo maquinário produzir peças constantes com uma alta qualidade.

Esses estudos podem gerar os indicadores de desempenho dos equipamentos quando executados periodicamente para serem analisados, e, quando analisados, pode-se identificar problemas crônicos, encontrar a causa raiz e tomar decisões para a correção e a erradicação dos mesmos, reduzindo, assim, as quebras de equipamentos e contribuindo para o aumento da disponibilidade das máquinas (MOBLEY; HIGGINS; WIKOFF, 2008).

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho, foram utilizados métodos provenientes das técnicas bibliográficas, de observação direta, entrevista não estruturada, métodos qualitativos e quantitativos.

A utilização dos métodos quantitativos é possível devido à disponibilidade de equipamentos, pequenas paradas, quebras, que são dados e informações possíveis de mensurar, portanto são possíveis dentro de um estudo de campo. Porém, o método qualitativo para gerar registros utiliza a metodologia TPM para ser medida a qualidade da implantação, devido aos dados não serem mensuráveis.

Para a realização do estudo de campo, foi imprescindível a utilização de dados coletados aleatoriamente durante a implantação da TPM.

Quanto à escolha do tipo de pesquisa, Vergara (2003) classifica em dois tipos: quanto aos fins; quanto aos meios. Quanto aos fins, baseia-se em uma explicação, tornada factível pela utilização de uma pesquisa explicativa e descritiva. Portanto, esta mesma tem fundamento baseado na pesquisa bibliográfica, ou seja, dentro do assunto abordado, por transcorrer pela descrição da metodologia TPM na empresa estudada.

4. ESTRUTURAÇÃO DA MANUTENÇÃO PLANEJADA PARA O “ZERO QUEBRA”

Para ocorrerem as devidas modificações dentro da organização para o time técnico, para a mudança de cultura e intervenção nos problemas das máquinas, a primeira etapa foi executar a montagem do Pilar de Manutenção Planejada.

Montando o Pilar de Manutenção Planejada

Para iniciar o planejamento da manutenção, executou-se um estudo sobre a ferramenta de gestão PDCA, porque, devido à metodologia da TPM, por meio do pilar de Liderança, os quadros de gestão dos indicadores (KAI's e KPI's) devem seguir o método de gestão PDCA.

Figura 2. Quadro de indicadores do Pilar de Manutenção Planejada.



Fonte: empresa estudada.

Dentro do ciclo PDCA, entendeu-se que, para o “*PLAN*” (planejar), era necessário adequar o planejamento do pilar conforme a missão e a visão do negócio, pois só assim os sistemas se integrariam como um todo, reduzindo as perdas devido a quebras e falhas, que é o objetivo do Pilar de Manutenção Planejada, com o compromisso do negócio.

Figura 3. Reunião de planejamento.



Fonte: empresa estudada.

Após o planejamento feito de acordo com a missão da organização, deu-se sequência no ciclo PDCA, agora para a gestão do “*DO*” (fazer): para alcançar o objetivo proposto pelo pilar dentro da TPM, é necessária a utilização das “ferramentas”, assim comumente chamados os processos de cada pilar, todas as ferramentas têm interligação entre si e abrem caminhos e entregam resultados se seguidos dentro de uma sequência adotada pela metodologia TPM.

Para finalizar o planejamento dentro do ciclo PDCA, implantou-se o “*CHECK*” (checar) e o “*ACT*” (agir). A checagem serve para gerar gráficos, ou seja, tornar visível o andamento dos processos, medir a “saúde” dos mesmos para que se cumpra o planejamento nos prazos. O agir, como última passagem do

ciclo no quadro, representa uma ação e/ou uma reação que deve ser tomada caso algum indicador esteja fora da meta.

GDD – Gestão do Dia a Dia

Notou-se que, dentro do pilar, precisaríamos de informações e dados provenientes da fábrica. Como uma gestão efetiva depende da coleta de dados e análise desses dados periodicamente, a melhor maneira de executá-las foi no dia a dia.

Figura 4. Time Técnico Realizando GDD.



Fonte: adaptado de Ribeiro (2014).

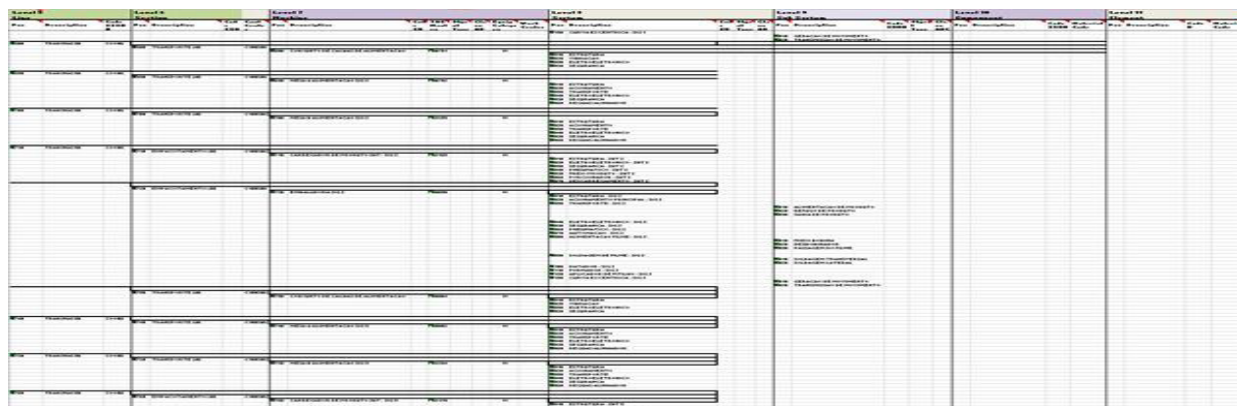
Para tanto, levou-se a forma de gestão do pilar para o time técnico no local de trabalho dos técnicos, ou seja, em cada ponto específico dentro da linha de produção em que eles trabalham. A alimentação dos dados dos indicadores do pilar de Manutenção Planejada será então monitorada por meio de um quadro semelhante, garantindo, assim, a eficiência de cada linha para tornar visível o apontamento dos indicadores pelo pilar a nível planta, fazendo um consolidado dentro do mês.

Então, implementou-se, por meio dos líderes da manutenção, um horário para encontro diário dos técnicos nos 3 turnos, garantindo eficiência, padronização e integração dos indicadores.

Árvore de Equipamentos

O conhecimento do time técnico para fazer o monitoramento e planejamento das máquinas deve ser disseminado de uma mesma maneira, todos os equipamentos devem ser conhecidos entre os times com o mesmo nome, mesmas siglas e para isso o processo de árvore de equipamentos foi implementado na sequência da GDD.

Figura 4. Árvore de Máquinas.



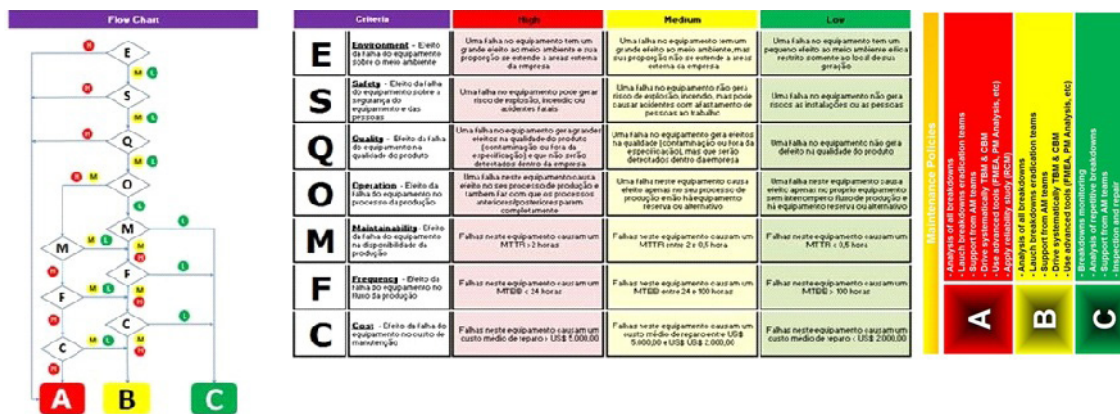
Fonte: empresa estudada.

Executou-se um levantamento do processo, colocando todos em ordem e divididos entre: planta, seção, linha, local, equipamento, sistemas, subsistemas, elementos e componentes. Isso garantiu ao time o conhecimento dos locais onde estão cada equipamento/máquina e como são chamados, quais componentes são utilizados para montar os elementos que montam os sistemas que compõem a máquina e assim executar melhor as suas manutenções e análises.

Classificação ABC

Com o nível de árvore de máquina já implementado, conforme a metodologia, seguiu-se para o processo de classificação ABC, cujo propósito foi classificar os equipamentos em níveis de funcionamento e de impactos ambientais, de segurança e qualidade, para assim começarmos o estudo de confiabilidade dos equipamentos, seguindo dos “mais importantes”, ou seja, os que impactam qualquer um dos três elementos citados.

Figura 5. Fluxo de decisão ABC e Classificação ABC.



Fonte: empresa estudada.

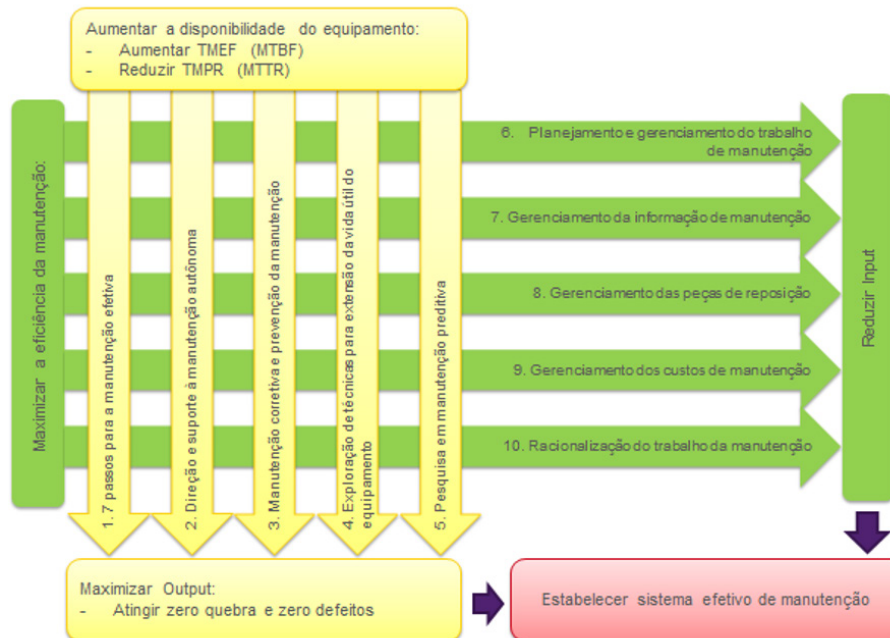
Como vemos na imagem, por meio da classificação ABC, foi investido um maior esforço nos equipamentos obtidos como A, por isso, conforme o nível da classificação desce, são investidos menos recursos para conhecer a confiabilidade, devido à não geração de impactos para o negócio.

Entendeu-se, então, que, para uma confiabilidade dos equipamentos, a inicialização do processo era ter uma manutenção baseada na confiabilidade e, para chegar nesse estágio, implementou-se então a transformação da manutenção corretiva em planejada.

Manutenção Corretiva X Manutenção Planejada

Um dos objetivos do pilar de Manutenção Planejada é transformar todas as manutenções dos equipamentos para um estado que antecede as quebras, só assim conseguimos chegar ao “zero quebra”.

Figura 6. Passos da Manutenção Planejada para cumprimento das Metas.



Fonte: Treinamento de Manutenção Planejada dentro da Empresa estudada.

A primeira análise para a transformação foi embasada no estudo da curva de “*bathtub*”, que é composta por basicamente três períodos: período de mortalidade infantil, período de taxa de falha constante e período de desgaste acelerado.

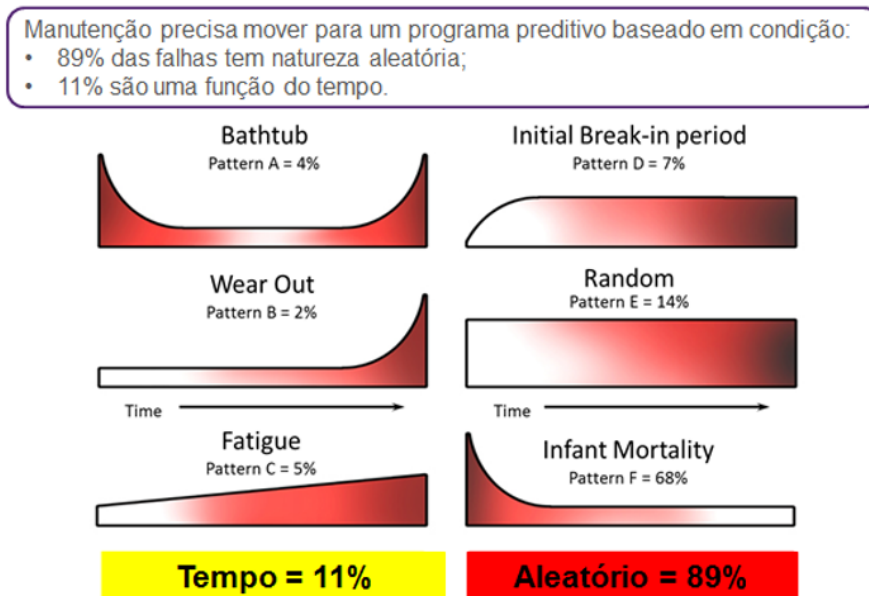
Essa curva nos mostra que, para todo equipamento, temos desgastes provindos de sua fase inicial, ou seja, de erros nos projetos e instalações; logo após, as falhas passam a ser de operação ou manutenção inadequada; e finalmente, há desgaste proveniente da idade do equipamento.

Por meio da curva de “*bathtub*”, observou-se que a manutenção deve ser transferida para um planejamento das quebras tomando 89% de manutenções baseadas nas condições (preditiva) e apenas 11% de manutenções baseadas em tempo (preventiva).

Após a análise da curva, começou-se a estruturar a manutenção quanto à hierarquia, para que se planejasse a manutenção, passando a informação para o time técnico e a liderança garantir o cumprimento de todo o planejamento.

A hierarquia montada ficou da seguinte maneira: líder de manutenção, planejador de manutenção e time técnico. Com essa respectiva estrutura, o líder passa as horas disponíveis do seu time para o planejador, que, dentro de um sistema de manutenção ERP implantado, gera as OS’s (ordem de serviço) para os manutentores executarem durante o mês, e dentro das OS’s também estão incluídos os planos de preventiva e preditiva e o líder garante a execução dessas OS’s e do preenchimento total das horas de seu time técnico. Foi necessária a aquisição de algumas ferramentas e treinamento para o início das manutenções preditivas, porque os equipamentos são de extrema tecnologia.

Figura 7. Curva de “bathtub”.



Fonte: Treinamento de Manutenção Planejada dentro da Empresa estudada.

Foram comprados: alinhador a laser, balanceador a laser, tensionador de correia digital, analisador de ferrografia, analisador de vibração, câmera de termografia etc.

Durante a execução das preventivas e preditivas, foram identificados problemas e anomalias nas máquinas pelo time técnico, essas anomalias são incluídas como PT (pedido de trabalho) dentro do sistema ERP para o planejador que adequa as horas de seu time para a execução e correção, tornando, assim, a manutenção do equipamento planejada, verificando erros e corrigindo-os antes da sua quebra inesperada.

Montagem do Cronograma de TBM e CBM

Para a montagem do cronograma de manutenções planejadas, foram seguidos os registros realizados na árvore de máquinas, em que chegamos até o nível de componentes e elementos que constituem um determinado equipamento. Após esses registros, foram estudados cada elemento e componente dentro dos equipamentos das linhas e foi verificada a duração da vida útil de cada elemento e inserido no sistema ERP de manutenção, foi atentado também que as especificações do fabricante são para as máquinas funcionando em sua exímia montagem e perfeita sincronia, o que se notou que não era muito comum, portanto para alguns elementos e componentes foram calculados tempos menores para a inspeção.

Durante a execução de algumas inspeções, foi identificado também que os elementos e componentes estavam já desgastados e a ponto de quebrarem; enquanto foi executada a troca, na OS's foi dada a diretriz para que o time técnico especificasse o componente ou elemento danificado para que o planejador pudesse alterar a data de inspeção no sistema e, assim, garantir que a máquina não quebrasse por conta desse elemento ou componente. Dessa maneira foi sendo revisado o plano de TBM (manutenção baseada no tempo, ou seja, preventiva).

A seguir, podemos ver uma figura que representa o plano de manutenção preventiva, seja ele de inspeção ou lubrificação, que se enquadrou dentro do sistema de manutenção ERP.

Figura 8. Plano de Inspeção incluso no sistema ERP de Manutenção.

ID	Descrição	Categoria	Status	Data Início	Data Fim
1	5122 TL-Teste equipam. p/ partida de linha Embalag. L.5	Manutenção	Produção		
2	5137 PCM - Inspeção Mecânica Transporte Linha 5	A. Atividade	Mecânica (P)	343 10/07/2017	
3	5639 PCM - Inspeção Elétrica Geradores	A. Atividade	Elétrica (P)	156 26/02/2016	
4	5696 LDM Inspeção Elétrica-Mecânica Cortina de Ar Silco	A. Atividade	E e Elétrica	476 04/03/2016	
5	5796 - Inspeção Funcionamento Ar Condicionado	A. Atividade	Refrigeração	147 20/03/2016	
6	5820 - PCM - Inspeção Elétrica Unidade Água Gelada Sítio	A. Atividade	Elétrica (P)	167 24/03/2016	
7	5829 - SEG - Inspeção Elétrica Equipamentos Restaurante	A. Atividade	Elétrica (P)	170 27/03/2016	
8	5875 - PCM - Inspeção Elétrica Unidade Água Gelada Maquiagem	A. Atividade	Elétrica (P)	332 24/03/2016	
9	5912 - Coletar valores dos Compressores de Ar	A. Atividade	Mecânica (P)	79 29/03/2016	
10	5920 - PCM - Inspeção Elétrica Mta 10	A. Atividade	Manutenção (P)	105 09/04/2016	
11	5939 - Coletar valores dos Compressores de Ar	A. Atividade	Mecânica (P)	79 09/04/2016	
12	5941 - PCM - Inspeção Mecânica Sistema de Incêndio	A. Atividade	Mecânica (P)	179 10/04/2016	
13	5945 - PCM - Insp Elétrica Unidade Aquecedor Água - Donnet	A. Atividade	Elétrica (P)	364 09/04/2016	
14	5946 - PCM - Insp Mecânica Unidade Aquecedor Água - Donnet	A. Atividade	Mecânica (P)	365 09/04/2016	
15	5947 - PCM - Insp Elétrica Unidade Água Gelada chiller	A. Atividade	Elétrica (P)	366 09/04/2016	
16	5948 - Inspeccionar Vasos de Pressão	A. Atividade	Mecânica (P)	421 08/04/2016	
17	5949 - Inspeção Elétrica Plata Água CCP	A. Atividade	Elétrica (P)	481 12/04/2016	
18	5951 - CK - L3 Inspeção Mec. Embaladoras 1/2/3 Linha 9	A. Atividade	Mecânica (P)	275 15/05/2016	
19	5956 - CK - L3 Inspeção Mecânica Embaladoras 4/5 Linha 9	A. Atividade	Mecânica (P)	246 15/04/2016	
20	10044 - TL-Teste equipam. p/ partida linha transporte L.7	A. Atividade	Produção	266 20/04/2016	
21	10045 - TL-Teste equipam. p/ partida linha transporte L.7	A. Atividade	Produção	267 20/04/2016	
22	10046 - TL-Teste equipam. p/ partida linha transporte L.7	A. Atividade	Produção	268 20/04/2016	
23	10047 - TL-Teste equipam. p/ partida de linha Embalag. L.7	A. Atividade	Produção	269 20/04/2016	
24	10195 - TL-Teste equipam. p/ partida de linha Transp. mas	A. Atividade	Produção	271 20/05/2016	
25	10196 - TL-Teste equipam. p/ partida de linha transporte L.4	A. Atividade	Produção	272 20/05/2016	
26	10198 - TL-Teste equipam. p/ partida de linha len. L. 4	A. Atividade	Produção	256 20/05/2016	
27	10199 - TL-Teste equipam. p/ partida linha horizontal L.4	A. Atividade	Produção	257 20/05/2016	
28	10200 - TL-Teste equipam. p/ partida de linha transporte L.4	A. Atividade	Produção	258 20/05/2016	
29	10201 - TL-Teste equipam. p/ partida de linha Embalag. L.4	A. Atividade	Produção	259 20/05/2016	
30	10205 - PCM - Insp. Mecânica Tanque 60 Geradora	A. Atividade	Elétrica (P)	448 10/05/2016	
31	10204 - CK LBM PCM - Inspeção Elétrica Luminária (P)	A. Atividade	Elétrica (P)	403 11/05/2016	
32	10203 - PCM - Inspeção Elétrica Unidade Ventilação Nuova A.	A. Atividade	Elétrica (P)	184 13/05/2016	
33	10434 - CK - L3M Insp. Mec. Transp. P/ Embaladoras A	A. Atividade	Mecânica (P)	490 30/05/2016	
34	10474 - PCM - Inspeção Mecânica 4 Forno 7	A. Atividade	Mecânica (P)	54 23/06/2016	
35	10475 - PCM - Inspeção Mecânica 5 Forno 7	A. Atividade	Mecânica (P)	55 23/06/2016	
36	10481 - PCM - Inspeção Mecânica EMB L.7	A. Atividade	Mecânica (P)	103 23/06/2016	
37	10482 - PCM - Inspeção Mecânica 2 EMB L.7	A. Atividade	Mecânica (P)	106 23/06/2016	
38	10483 - PCM - Inspeção Mecânica 4 EMB L.7	A. Atividade	Mecânica (P)	107 23/06/2016	
39	10486 - PCM - Inspeção Mecânica 3 EMB L.7	A. Atividade	Mecânica (P)	111 23/06/2016	
40	10490 - CK - L3M Inspeção Elétrica Embaladora 1/2/3	A. Atividade	Elétrica (P)	209 12/06/2016	
41	10493 - INTRA-Inspeção Lâmp. Mec. Cortina de Ar Restoran	A. Atividade	E e Elétrica	477 12/06/2016	
42	10520 - Inspeção Hidráulica	A. Atividade	Mecânica (P)	176 15/06/2016	
43	10521 - Inspeção Hidráulica	A. Atividade	Mecânica (P)	178 22/06/2016	
44	10544 - PCM - Insp. Mecan. Forno Belina Linha 9 (P)	A. Atividade	Mecânica (P)	492 15/06/2016	

Fonte: empresa estudada.

Conforme a metodologia da TPM e o estudo da curva de “*Bathtub*” nos mostraram que a grande parte das quebras ocorridas são provenientes de uma causa de natureza desconhecida (89%) e que o resto delas são causadas por tempo (11%), adotou-se o fluxo de execução das CBM (manutenção baseada na condição) e, por meio da implantação deste, foram identificados os pontos que poderiam ser incluídos para a TBM (manutenção baseada no tempo).

A figura a seguir representa o cumprimento de uma manutenção baseada na condição, em que o time técnico realizou o alinhamento dos motores com a nova tecnologia a laser.

Figura 9. Técnicos realizando o alinhamento a laser, uma técnica da Preditiva.



Fonte: empresa estudada.

Solução de Problema – Análise de Causa Raiz

Das principais ferramentas para se alcançar o “Zero Quebra”, após a estruturação da manutenção para planejada, utilizou-se o conceito de análise de causa raiz para as quebras.

Dentro das reuniões de GDD, foi criado um hábito de implantar a mentalidade no time técnico de que, primeiramente, toda quebra é igual à solução de problemas. Porque devido à cultura de manutenção corretiva, todo equipamento em que ocorre a quebra tem seu concerto efetuado, ou seja, há troca de peça para que se volte ao seu funcionamento, entretanto quase sempre não se reparava o que causava o real

problema, pois não era estudado o problema. Para tanto, a solução de problema nos ajudou a trazer o conhecimento de condição básica, de perdas por meio do mapa de Ishikawa, e a analisar por meio dos 5 por quês e, com a junção de todas as análises, chegamos, por fim, na causa raiz dos nossos problemas.

Efetou-se, então, o treinamento de todo o time técnico na ferramenta de análise de causa raiz (solução de problemas) e, a partir de então, para toda quebra, começou-se a encontrar as reais causas de por que cada problema acontecia e propor soluções para que não voltasse a acontecer pela mesma causa.

Figura 10. Folha de Análise de Causa Raiz (Solução de Problemas).

The figure displays two versions of a 'Solução de Problemas' (Problem Solving) form. The left form is a blank template with a header, instructions, and a large grid for data entry. The right form is a completed version, featuring a fishbone diagram (Ishikawa) with a central box and arrows pointing to it, and a table below for recording causes.

Fonte: empresa estudada.

5. RESULTADOS

Com a implantação da TPM, notou-se uma grande melhora nos resultados quanto à eficiências das máquinas, redução drástica nas quebras, aumento nas disponibilidades dos equipamentos, maior confiabilidade dos equipamentos para a programação do PCP, redução no estoque devido à confiabilidade da produção, redução das perdas de retalho e varredura, aumento na margem de lucro e muitos outros.

Como podemos ver na imagem a seguir, os gráficos mostram-nos o antes e depois do número de quebras dos equipamentos a nível planta, comparando-se a situação sem a TPM e após um ano de implantação da TPM.

Figura 11. Número de Quebras da Planta antes da implantação da TPM.

Strategy	Measure	Unit	BIC	Tg t Ac t	2014						
					Result	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	
High Performance	KPI	Breakdowns Impact on GE	%	≤ 1%	Tg t Ac t		3.5%	3.5%	3.5%	3.2%	3.2%
						3.34%	3.12%	1.82%	2.80%	0.94%	2.58%
	KPI	# Breakdowns	#	≤ 2 bds mth/line	Tg t Ac t		123	123	123	123	123
						150	194	133	98	134	
	KPI	Planned Maintenance Impact on GE	%	≤ 3% ≥ 1,5%	Tg t Ac t		2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%
						1.12%	0.06%	0.91%	0.35%	0.84%	0.43%
	KAI	MTTR (Mean Time To Repair)	min	<30min	Tg t Ac t		50	50	50	50	50
						33.5	40.8	42.5	18.4	55.0	
KAI	Planned Maintenance Compliance	%	100%	Tg t Ac t		80%	80%	80%	80%	80%	
					0.0%	88.1%	22.9%	100.0%	58.3%		
KAI	Breakdowns Analysis Compliance	%	100%	Tg t Ac t		80%	80%	80%	80%	80%	
					0.0%	1.2%	4.5%	0.0%	8.3%		
KAI	Red Tags Resolution	%	≥ 90%	Tg t Ac t		85%	85%	85%	85%	85%	
					1.6%	19.4%	27.7%	56.6%	64.1%		

Fonte: empresa estudada.

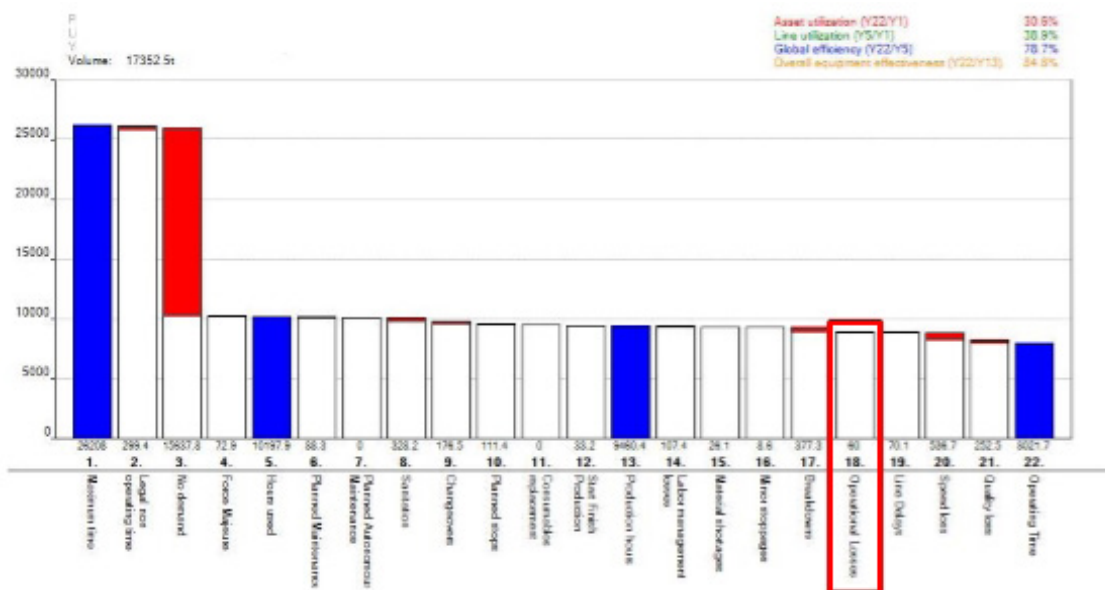
Devido aos esforços para alcançar o “Zero Quebra”, o resultado não só se refletiu nos equipamentos, mas também na eficiência das linhas de produção e no retorno quanto a custo de produção e aumento da lucratividade.

Figura 12. Número de Quebras da Planta após um ano da implantação da TPM.

Estratégia	Pilar	Medida	Unidade	Best in Class (BIC)	Histórico (6 Meses)	Status	2014						
							Jan	Fev	Mar	Abr	Mai		
High Performance	MP	KPI	Impactos de Quebras no GE	↓	%	≤ 1%	NA	Meta Atual	1.9%	1.9%	1.9%	1.5%	1.5%
									1.9%	1.8%	2.0%	2.2%	1.1%
	MP	KPI	Quebras	↓	#	≤ 2 bds mth/line	NA	Meta Atual	100	100	100	90	90
									58	83	75	35	41
	MP	KPI	Impacto no GE de Manutenção Planejada	NA	%	≤ 3% ≥ 1,5%	NA	Meta Atual	1.5%	1.5%	1.3%	1.5%	1.5%
									0.0%	1.2%	1.9%	2.4%	1.4%
	MP	KAI	MTTR (Tempo Médio para Reparo)	↓	min	<30min	NA	Meta Atual	55	55	55	53	53
									81.7	81.4	68	70.6	136
MP	KAI	MTBB (Tempo Médio entre Quebras)	↑	Hrs	744Hrs	NA	Meta Atual	36	36	36	48	48	
								12.4	8.7	231.7	241.8	236.2	
MP	KAI	Aderência de Manutenção Planejada	↑	%	100%	NA	Meta Atual	80.0%	80.0%	80.0%	83.0%	83.0%	
								84.0%	87.5%	77.0%	77.7%	89.8%	
MP	KAI	Aderência de Análise de Quebras	↑	%	100%	NA	Meta Atual	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	
								80.0%	80.8%	84.0%	82.8%	97.1%	
MP	KAI	Resolução Etiquetas Vermelhas	↑	%	≥ 90%	NA	Meta Atual	80.0%	80.0%	85.0%	70.0%	70.0%	
								83.0%	82.0%	79.1%	70.0%	69.0%	

Fonte: empresa estudada.

Figura 13. Impacto de Quebras no GE da Planta em horas antes da implantação da TPM.



Fonte: empresa estudada.

Após um ano de implantação da metodologia, pode-se enxergar já a redução do impacto das quebras no GE, que passou a ser de 121,8 horas.

Conforme o amadurecimento da metodologia, os resultados foram aparecendo para os colaboradores e houve aumento do nível de confiança das ferramentas para solucionar os problemas, pode-se dizer que cada vez mais a TPM vai impactar diretamente no fluxo físico da empresa, trazendo retorno de ambos os lados, porque, como vimos, as ferramentas trazem benefícios tanto para a produção, como para a qualidade de vida dos trabalhadores, e também uma mudança de interação entre produção e manutenção.

REFERÊNCIAS

- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. *Administração de produção e operações: manufatura e serviços – uma abordagem estratégica*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- COSTA JUNIOR, E. L. *Gestão em processos produtivos*. Curitiba: InterSaberes, 2012.
- FERNANDES, A. R. *Manutenção produtiva total: uma ferramenta eficaz na busca da perda-zero*. 2005. 18f. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Itajubá, 2005.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. *Manutenção: função estratégica*. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- LOSS PREVENTION CONSULTING & TRAINING. *O facilitador e o TMP*. Curitiba: Loss Prevention Consulting & Training, 2004.
- MOBLEY, R. K.; HIGGINS, L. R.; WIKOFF, D. J. *Maintenance engineering handbook*. 7. ed. New York, Chicago, San Francisco, Lisbon, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, San Juan, Seoul, Singapore, Sydney and Toronto: McGrawHill, 2008.
- NAKAJIMA, S. *Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance*. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.
- RIBEIRO, H. *A Bíblia do TPM: como maximizar a produtividade na empresa*. Santa Cruz do Rio Pardo: Viena, 2014.
- SALTORATO, P.; CINTRA, C. T. Implantação de um programa de manutenção produtiva total em uma indústria calçadista em Franca. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (XIX ENEGEP), 56, 1999. Rio de Janeiro. *Anais...* 1999.

SLACK, N. et al. *Administração da produção*. São Paulo: Atlas, 1999.

SUZUKI, T. *New Directions for TPM*. Massachusetts: BookCrafters, 1992.

_____. *TPM in process industries*. Portland: Productivity Press, 1994.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. *TPM/MTP – Manutenção produtiva total*. São Paulo: IMAM, 1993.

VERGARA, S. C. *Gestão de pessoas*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

XENOS, H. G. *Gerenciando a manutenção produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade*. Nova Lima: INDG Tecnologia e serviços Ltda, 2004.

Política Editorial/ *Editorial Policy*

A **Revista Linguagem Acadêmica** é uma publicação digital semestral do Claretiano – Centro Universitário, destinada à divulgação científica dos cursos, bem como de pesquisas e projetos comunitários.

Tem como objetivo principal publicar trabalhos que possam contribuir com o debate acerca de temas variados do ensino acadêmico.

A **Revista Linguagem Acadêmica** destina-se à publicação de trabalhos inéditos que apresentem resultados de pesquisa histórica ou de investigação bibliográfica originais, visando agregar e associar à produção escrita a produção fotográfica, vídeo ou áudio, sendo submetidos no formato de: artigos, ensaios, relatos de caso, resumos estendidos, traduções ou resenhas.

Serão considerados apenas os textos que não estejam sendo submetidos a outra publicação.

As línguas aceitas para publicação são o português, o inglês e o espanhol.

Análise dos trabalhos

A análise dos trabalhos é realizada da seguinte forma:

- a) Inicialmente, os editores avaliam o texto, que pode ser desqualificado se não estiver de acordo com as normas da ABNT, apresentar problemas na formatação ou tiver redação inadequada (problemas de coesão e coerência).
- b) Em uma segunda etapa, os textos selecionados serão enviados a dois membros do conselho editorial, que avaliarão as suas qualidades de escrita e conteúdo. Dois pareceres negativos desqualificam o trabalho e, havendo discordância, o parecer de um terceiro membro é solicitado.
- c) Conflito de interesse: no caso da identificação de conflito de interesse da parte dos revisores, o editor encaminhará o manuscrito a outro revisor *ad hoc*.
- d) O autor será comunicado do recebimento do seu trabalho no prazo de até 8 dias; e da avaliação do seu trabalho em até 90 dias.
- e) O ato de envio de um original para a **Revista Linguagem Acadêmica** implica, automaticamente, a cessão dos direitos autorais a ele referentes, devendo esta ser consultada em caso de republicação. A responsabilidade pelo conteúdo veiculado pelos textos é inteiramente dos autores, isentando-se a Instituição de responder legalmente por qualquer problema a eles vinculado. Ademais, a Revista não se responsabilizará por textos já publicados em outros periódicos. A publicação de artigos não é remunerada.
- f) Cabe ao autor conseguir as devidas autorizações de uso de imagens/fotografias com direito autoral protegido, de modo que estas sejam encaminhadas, quando necessário, juntamente com o trabalho para a avaliação. Também é do autor a responsabilidade jurídica sobre uso indevido de imagens/fotografias.

Publicação

A **Revista Linguagem Acadêmica** aceitará trabalhos para publicação nas seguintes categorias:

- 1) **Artigo científico** de professores, pesquisadores ou estudantes: mínimo de 8 e máximo de 15 páginas.
- 2) **Relatos de caso ou experiência**: devem conter uma abordagem crítica do evento relatado; mínimo de 5 e máximo de 8 páginas.
- 3) **Traduções de artigos** e trabalhos em outro idioma, desde que devidamente autorizadas pelo autor original e comprovadas por meio de documento oficial impresso; mínimo de 8 e máximo de 15 páginas.

- 4) **Resumos estendidos** de trabalhos apresentados em eventos científicos ou de teses e dissertações; mínimo de 5 e máximo de 8 páginas.
- 5) **Ensaio**: mínimo de 5 e máximo de 8 páginas.
- 6) **Resenhas**: devem conter todos os dados da obra (editora, ano de publicação, cidade etc.) e estar acompanhadas de imagem da capa da obra; mínimo de 5 e máximo de 8 páginas.

Submissão de trabalhos

- 1) Os trabalhos deverão ser enviados:
 - a) Em dois arquivos, via *e-mail* (*attachment*), em formato “.doc” (*Word for Windows*). Em um dos arquivos, na primeira página do trabalho, deverá constar apenas o título, sem os nomes dos autores. O segundo arquivo deverá seguir o padrão descrito no item 2, incluindo os nomes dos autores.
 - b) Em caráter de revisão profissional.
 - c) No máximo com 5 autores.
 - d) Com Termo de Responsabilidade devidamente assinado, escaneado de forma legível e enviado para o *e-mail* revlinguagem@claretiano.edu.br.
- 2) O trabalho deve incluir:
 - a) A expressão “TÍTULO” seguida do título em língua portuguesa, em *Times New Roman*, corpo 12, negrito.
 - b) A expressão “TITLE” seguida do título em língua inglesa, em *Times New Roman*, corpo 12, normal.
 - c) A expressão “AUTORIA” seguida do(s) nome(s) do(s) autor(es) e dos dados de sua(s) procedência(s) – filiação institucional, última titulação, *e-mail*, telefones para contato. Obs.: os telefones não serão disponibilizados ao público.
 - d) A expressão “RESUMO” seguida do respectivo resumo em língua portuguesa (entre 100 e 150 palavras). Sugere-se que, no resumo de artigos de pesquisa, seja especificada a orientação metodológica.
 - e) A expressão “ABSTRACT” seguida do respectivo resumo em língua inglesa (entre 100 e 150 palavras).
 - f) A expressão “PALAVRAS-CHAVE” seguida de 3 até 5 palavras-chave em língua portuguesa, no singular.
 - g) A expressão “KEYWORDS” seguida de 3 até 5 palavras-chave em língua inglesa, no singular.
 - h) O conteúdo textual do trabalho.
 - i) Os vídeos, as fotos ou áudios são opcionais. Todo o material de mídia digital deve ser testado antes do envio e não ultrapassar 5 minutos de exibição.

Formatação do trabalho

- 1) Em *Times New Roman*, corpo 12, entre linhas 1,5 e sem sinalização de início de parágrafo.
- 2) Para citações longas, usar corpo 10, entre linhas simples, recuo duplo, espaço antes e depois do texto. Citações curtas, até 3 linhas, devem ser colocadas no interior do texto e entre aspas, no mesmo tamanho de fonte do texto (12).
- 3) Tabelas, quadros, gráficos, ilustrações, fotos e anexos devem vir no interior do texto com respectivas legendas. Para anexos com textos já publicados, deve-se incluir referência bibliográfica.
- 4) As referências no corpo do texto devem ser apresentadas entre parênteses, com nome do autor em letra maiúscula, seguida de vírgula, seguida de espaço, da expressão “p.”, espaço e o respectivo número da(s) página(s), quando for o caso. Ex.: (FERNANDES, 1994, p. 74). A norma utilizada para a padronização das referências é a da ABNT em vigência.
- 5) As seções do texto devem ser numeradas, a começar de 1 (na introdução) e ser digitadas em letra maiúscula; subtítulos devem ser numerados e digitados com inicial maiúscula.
- 6) As notas de rodapé devem estar numeradas e destinam-se a explicações complementares, não devendo ser utilizadas para referências bibliográficas.
- 7) As referências bibliográficas devem vir em ordem alfabética no final do artigo, conforme a ABNT.
- 8) As expressões estrangeiras devem vir em itálico.

Modelos de Referências Bibliográficas – Padrão ABNT

Livro no todo

PONTES, Benedito Rodrigues. *Planejamento, recrutamento e seleção de pessoal*. 4. ed. São Paulo: LTr, 2005.

Capítulos de Livros

BUCH, Eugênio; KEHL, Maria Rita. Videologias: ensaios sobre televisão. In: KEHL, Maria Rita. *O espetáculo como meio de subjetivação*. São Paulo: Boitempo, 2004. cap. 1, p. 42-62.

Livro em meio eletrônico

ASSIS, Joaquim Maria Machado de. *A mão e a luva*. Rio de Janeiro: Nova Aguilar, 1994. Disponível em: <<http://machado.mec.gov.br/imagens/stories/pdf/romance/marm02.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2011.

Periódico no todo

GESTÃO EMPRESARIAL: *Revista Científica do Curso de Administração da Unisul*. Tubarão: Unisul, 2002.

Artigos em periódicos

SCHUELTER, Cibele Cristiane. Trabalho voluntário e extensão universitária. *Episteme*, Tubarão, v. 9, n. 26/27, p. 217-236, mar./out. 2002.

Artigos de periódico em meio eletrônico

PIZZORNO, Ana Cláudia Philippi et al. Metodologia utilizada pela biblioteca universitária da UNISUL para registro de dados bibliográficos, utilizando o formato MARC 21. *Revista ACB*, Florianópolis, v. 12, n. 1, p. 143-158, jan./ jun. 2007. Disponível em: <<http://www.acbsc.org.br/revista/ojs/viewarticle.php?id=209&layout=abstract>>. Acesso em: 14 dez. 2007.

Artigos de publicação relativos a eventos

PASCHOALE, C. Alice no país da geologia e o que ela encontrou lá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33. 1984. Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG, 1984. v. 11, p. 5242-5249.

Jornal

ALVES, Márcio Miranda. Venda da indústria cai pelo quarto mês. *Diário Catarinense*, Florianópolis, 7 dez. 2005. Economia, p. 13-14.

Site

XAVIER, Anderson. *Depressão: será que eu tenho?* Disponível em: <[http:// www.psicologiaaplicada.com.br/depressao-tristeza-desanimo.htm](http://www.psicologiaaplicada.com.br/depressao-tristeza-desanimo.htm)>. Acesso em: 25 nov. 2007.

Verbetes

TURQUESA. In: GRANDE enciclopédia barsa. São Paulo: Barsa Planeta Internacional, 2005. p. 215.

Evento

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 14, 1997, Bauru. *Anais...* Bauru: UNESP, 1997.