

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Marcelo Pereira da Silva

**PROPOSTA DE SISTEMÁTICA DE APOIO
PARA ANÁLISE DE BENEFÍCIO-CUSTO
DE PROJETOS ERGONÔMICOS**

Porto Alegre
2012

Marcelo Pereira da Silva

**PROPOSTA DE SISTEMÁTICA DE APOIO PARA ANÁLISE
DE BENEFÍCIO-CUSTO DE PROJETOS ERGONÔMICOS**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Fernando Gonçalves Amaral, Dr.

Porto Alegre

2012

Marcelo Pereira da Silva

**PROPOSTA DE SISTEMÁTICA DE APOIO PARA ANÁLISE
DE BENEFÍCIO-CUSTO DE PROJETOS ERGONÔMICOS**

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Fernando Gonçalves Amaral, Dr.

Orientador PPGEP/UFRGS

Prof. Carla Schwengber ten Caten, Dr

Coordenadora PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professor Francisco José Kliemann Neto, Dr. (PPGEP/UFRGS)

Professor Francisco Soares Másculo, *Ph.D.* (CT/UFPB)

Professor Márcio Alves Marçal, *Ph.D.* (FISIOTERAPIA/UFCSPA)

Dedicatória

Ao meu amado pai, que certamente gostaria de ter participado da conclusão desta realização.

AGRADECIMENTOS

Acho justo começar os agradecimentos pelas pessoas que realmente me acompanharam durante esses quatro anos de doutorado. Primeiramente, uma homenagem especial à minha mãe Rosângela que sempre me deu tanto amor e que soube me apoiar tão bem no cotidiano, facilitando minhas tarefas e compreendendo as minhas ausências físicas e mentais. Meu irmão Fernando, pelo carinho, pelas discussões empresariais e aprendizado mútuo. Agradeço também aos meus avôs e avós, tios e tias (em especial Nara e Mauro, pelo apoio no estudo de caso e Lene e Ronaldo pelo convívio), primos e primas, afilhadas, etc. Ao meu avô Walmy, que sempre incentivou o meu gosto pela ciência. Por causa dele, aos 6 anos eu já sabia que energia é igual à massa multiplicada pela velocidade da luz ao quadrado.

Ao meu orientador e amigo, professor Fernando Gonçalves Amaral e os queridos colegas do NECSSO: Luis Franz, Livia Rosa, Henrique Mandagará, Bernardo Leso, Roberta Schlossmacher, Cláudia Libânio, Fabiane Wolf, Daniel Writz, Nathália Karmaluk, Camila Rucks, Giana Lorenzini e Mateus Zanata. Aos colegas de mestrado e doutorado, em especial para a Joana Souza, pela parceria. Ao PPGEP/DEPROT, seu corpo docente e demais funcionários.

Agradeço imensamente ao Departamento de Engenharia Humana da Universidade do Minho (Portugal) por me receber durante meu período de estágio de doutorado sanduíche. Foi de grande valia conhecer e poder trabalhar com o professor Pedro Arezes, bem como Néelson Costa e Patrício Cordeiro. Isso só foi possível pelo financiamento da CAPES, instituição que financia meus estudos desde o mestrado.

Não posso citar o nome das empresas ou das pessoas que participaram das partes aplicadas desta tese. Mesmo assim, fica aqui o meu agradecimento pelo empenho e o interesse demonstrados nesse contato tão necessário entre as universidades e as empresas.

Por fim, agradeço de coração à mulher que mudou para melhor a minha vida nesses quatro anos. Muito obrigado Sandra, meu amor.

RESUMO

Novas formas de inserção da Ergonomia na comunidade empresarial são atualmente discutidas, e levando em conta, por exemplo, a necessidade de uma justificativa financeira para sua implementação. Pesquisas da área investigam soluções ergonômicas para problemas ocupacionais bem conhecidos, mas focam esse relacionamento sob uma perspectiva econômico-financeira. Neste contexto, o investimento necessário para colocar determinado projeto ergonômico em atividade pode ser calculado com certa facilidade. Entretanto, calcular sua relação de benefício-custo esperada é a maior dificuldade encontrada por pesquisas da área. A difícil tarefa de agrupar informações relevantes para identificar ou prever esses benefícios de projetos ergonômicos tem algumas barreiras. Uma das principais é a ausência de uma forma de organização lógica de informações para esta finalidade. O objetivo geral desta tese foi propor uma sistemática para apoiar a análise de benefício-custo de projetos ergonômicos. Para isso, uma revisão sistemática da literatura científica sobre o assunto foi realizada, bem como a utilização de empresas para estudos de caso e entrevistas com responsáveis por processos produtivos. As especificidades do objetivo, os procedimentos metodológicos e os resultados desta pesquisa foram organizados em seis artigos científicos passíveis de publicação e que compõem esta tese de doutorado. Existe entre eles um encadeamento lógico e sequencial guiado pelas questões de pesquisa e pelo objetivo principal. O desenvolvimento da tese encontrou características de pesquisas e modelos sobre projetos de Ergonomia com enfoque de benefício-custo. Tais características, associadas com os objetivos da tese, embasaram um modelo conceitual sobre a problemática. Buscando uma forma objetiva de utilização na prática em empresas foi desenvolvida a Sistemática de Apoio para Análise de Benefício-Custo de Projetos em Ergonomia (SAABEPE). Uma empresa do setor metal-mecânico foi utilizada para apresentar sua forma de aplicação e, principalmente, seus resultados. De modo geral, foi verificado que nem todas as informações necessárias para uma quantificação adequada dos benefícios da Ergonomia estão presentes nas empresas. Entretanto, seguindo as sugestões da sistemática, esse tipo de análise de projeto ergonômico é viável e poderia justificar o investimento necessário.

Palavras-chave: benefício-custo. Ergonomia. projeto. justificativa. informações.

ABSTRACT

A new way for the inclusion of ergonomics in the business community is discussed, and takes into account the need for a financial justification for its implementation. Researchs in the area investigate ergonomic solutions for well known occupational problems in a financial perspective. The investment required to put in specific ergonomic design activity can be calculated in a relative easy way. However, calculating the financial benefits of ergonomics is one of the major difficulties encountered by research area. The difficult task to gather relevant information to identify or predict these benefits of ergonomic design has some barriers. One of the main barrier is absence of a logical organization of information for this purpose. The aim of this thesis is to propose a systematic model to support benefit-cost analysis of ergonomic projects. For this, a systematic review of scientific literature on the subject was held as well as companies for the use of case studies and interviews of responsables for production processes. The specifics of the goal, the procedures and results of this study were organized into six publishable scientific papers that comprise this thesis. There is among them a logical and sequential guided by research questions and the main goal. The development features found in the thesis research and models on projects with a focus on ergonomics economic and financial. These characteristics, combined with the objectives of the thesis, give basis to a conceptual model of the problem. Seeking a practical and objective use for this model a systematic model to support the benefit-costs analysis of ergonomics projects (SAABEPE) was developed. A large company in the metal-mechanic sector was used to submit your application form, and especially its results. Overall, it was found that not all information necessary for a proper quantification of the benefits of ergonomics are present in companies. However, following the suggestions of the systematic model, this type of ergonomic project analysis is feasible and could justify the necessary investment.

Keywords: benefit-cost. Ergonomics. project. justification. informations.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	13
1.2 Justificativa e ineditismo	14
1.3 Delimitação	15
1.4 Estrutura do Trabalho.....	16
1.5 Referências.....	18
ARTIGO 1 - PERDAS FINANCEIRAS PASSÍVEIS DE SOLUÇÕES ERGONÔMICAS E SUAS DIFICULDADES DE QUANTIFICAÇÃO.....	20
ARTIGO 2 – DIFICULDADES PRÁTICAS DA ANÁLISE DE BENEFÍCIO-CUSTO DE UM PROJETO ERGONÔMICO EM SETOR DE MONTAGEM	48
ARTIGO 3 - INFORMAÇÕES PARA ANÁLISE DE BENEFÍCIO-CUSTO DE INTERVENÇÕES ERGONÔMICAS: UM MODELO CONCEITUAL.....	60
ARTIGO 4 - INFORMAÇÕES FINANCEIRAS NA GESTÃO DA ERGONOMIA E A PERCEPÇÃO DE GESTORES BRASILEIROS E PORTUGUESES	79
ARTIGO 5 - SISTEMÁTICA DE APOIO PARA ANÁLISE DE BENEFÍCIO-CUSTO DE PROJETOS EM ERGONOMIA (SAABEPE).....	92
ARTIGO 6 - ORGANIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES PARA ANÁLISE DE BENEFÍCIO-CUSTO EM PROJETOS ERGONÔMICOS.....	106
CONCLUSÃO.....	122
APÊNDICE A	125
APÊNDICE B.....	144
APÊNDICE C	158

LISTA DE FIGURAS

Esquema do desenvolvimento dos artigos da tese	16
Sinopse dos problemas-chave sobre a avaliação do valor de projetos ergonômicos	39
Principais autores que citaram os assuntos discutidos neste artigo.....	40
Descrição das características observadas nos estudos incluídos nesta revisão	63
Dados extraídos dos estudos incluídos na revisão	65
Informações não-financeiras e os estudos que as utilizaram.....	66
Informações financeiras e os estudos que as utilizaram	67
Tipos de origem das informações financeiras e não-financeiras separadas pelas lógicas de pré-intervenção e pós-intervenção	68
Relação entre informações financeiras e não-financeiras e suas fontes de origem	70
Representação gráfica do modelo conceitual proposto	73
Informações encontradas nos estudos da revisão sobre análises de benefício-custo de projetos ergonômicos.....	82
Descrição da entrevista com o gestor da empresa fabricante de vidro.....	84
Resultados da aplicação do checklist na empresa fabricante de vidro	85
Descrição da entrevista com o gestor da empresa de conversão de papel.....	86
Resultados da aplicação do checklist na empresa conversora de papel	87
Representação gráfica do modelo conceitual de Silva e Amaral.....	95
Características de alguns modelos de análise de benefício-custo de projetos ergonômicos	96
<i>Checklist</i> de informações financeiras e não-financeiras de Silva e Amaral	99
Forma de apresentação dos resultados da aplicação do checklist	100
Fluxo lógico do SAABEPE.....	100
<i>Checklist</i> de informações financeiras e não-financeiras de Silva	109
Tipos de origens e lógicas de utilização para as informações financeiras e não-financeiras	110

Resultados da aplicação do checklist, lógicas e origens das informações não-financeiras	112
Resultados da aplicação do checklist, lógicas e origens das informações financeiras...	114
Informações encontradas na empresa estudada e suas fontes de origem.....	114
Melhorias sugeridas a partir dos resultados do estudo de caso	117

INTRODUÇÃO

A ênfase dada nos estudos de Ergonomia é, historicamente, o aperfeiçoamento da relação entre o homem e o trabalho, seja considerando a usabilidade de armas e ferramentas ou ainda considerando os sistemas humano-máquina como um todo. De toda maneira, várias pesquisas atuais buscam identificar fatores que justifiquem a aplicabilidade da Ergonomia em diversas áreas de trabalho. Entretanto, considerando a competitividade crescente das empresas modernas, áreas de conhecimento como a Ergonomia são pouco priorizadas frente às questões práticas de produtividade e qualidade, por exemplo.

Simpson (1990) foi enfático quando afirmou que a Ergonomia não trata de problemas ergonômicos e que, de fato, tais problemas foram mal classificados. Problemas industriais como diminuição de produtividade, retorno de investimentos, perdas por qualidade do processo, problemas de saúde e segurança, absenteísmo, entre outros, já existiam antes mesmo da Ergonomia. Logo, o que ele propõe é uma visão de soluções ergonômicas, ou seja, reduzir causas, ainda que parciais, de tais problemas.

No ano de 2003 o periódico *Internacional Applied Ergonomics* publicou uma edição especial para tratar do custo-benefício da Ergonomia. O editorial dessa edição apresentou relevância desse aspecto da Ergonomia principalmente para seus próprios praticantes. Segundo o editorial, questões como “por que devo pagar por Ergonomia?” são constantes na prática de ergonômicos. A edição traz estudos que objetivaram apresentar avaliações da aplicação da Ergonomia sob uma perspectiva financeira, buscando expor algumas soluções e incentivar novas pesquisas dentro do mesmo assunto (Stanton; Baber, 2003). Cabe ressaltar que quando esse tipo de publicação trata dos efeitos financeiros da Ergonomia, refere-se principalmente à eliminação de custos ou às não despesas originadas nas ações de melhoria das condições de trabalho.

A relação de benefício-custo envolvida em projetos ergonômicos utiliza a comparação entre benefícios financeiros esperados ou registrados e o custo do investimento realizado ou projetado para determinada situação. Esta comparação visa justificar a escolha de projetos ergonômicos ou demonstrar seu valor, através de casos publicados em periódicos da

área. Em 2005, foi publicada uma análise dos benefícios da instalação de aparelhos para elevar pacientes dos leitos em um hospital no Canadá (Engst et al., 2005). Os critérios utilizados incluíram dados sobre afastamentos, lesões e acidentes das técnicas de enfermagem do setor estudado. A partir desses indicadores foi feita uma análise financeira e a comparação dos custos dos três anos anteriores à intervenção com os três posteriores. Dois cenários foram supostos: (i) um onde os custos com acidentes, doenças e afastamentos se manteriam os mesmos do ano anterior à intervenção, e (ii) outro onde os gastos manteriam a mesma tendência de crescimento ao longo do tempo. O resultado mostrou um período de *payback* de 2,5 anos, com um investimento de aproximadamente \$340.000 feito na intervenção e com redução de custos próxima à \$100.000 já no primeiro ano.

Diferente da quantificação dos benefícios financeiros da Ergonomia, o custo do investimento em determinada intervenção de melhoria são razoavelmente simples de se calcular, pois possuem um menor número de variáveis e as empresas muitas vezes já os conhecem. Autores como Hendrick (2003) e Morse et al. (2009) sugerem que os componentes para o cálculo desse investimento precisam considerar os custos de compra ou alteração de equipamentos, custo de consultoria externa, custo de pessoal interno e custos de treinamento.

No setor da energia elétrica, foi realizada uma pesquisa sobre um caso de melhoria nas ferramentas para corte e pressão, utilizados por trabalhadores da manutenção de uma grande companhia elétrica. Para a análise dos custos, primeiramente utilizou-se os custos das mais graves Doenças Osteomusculares Relacionadas ao Trabalho (DORT), que foram divididas por ano e por trabalhador. Custos com treinamento de novos funcionários para aquelas tarefas também foram considerados (considerando o tempo de substituição). O investimento em melhorias foi estimado e amortizado em quatro meses pós-intervenção. Alguns resultados apresentaram índices de melhoria nas situações apresentadas, tais como 50% de redução em lesões em membros superiores (Seeley; Marklin, 2003).

Na área da manufatura eletrônica industrial, Sen e Yeow (2003) realizaram um estudo onde foi analisada a relação custo-eficiência do redesenho da placa-mãe dos computadores. Problemas para montar o circuito da placa geravam produtos defeituosos que, por sua vez, fomentavam erros de precisão e comprometiam os resultados. Para avaliar os custos relacionados a esses problemas foram considerados indicadores como retrabalho,

custos com reparos e custo com peças desnecessárias ao novo desenho. Esta intervenção ergonômica no produto resultou em redução de custos, como por exemplo, peças não vendáveis e devoluções à fábrica (diminuição de cerca de 70%). Ambos os problemas foram solucionados devido à melhoria na qualidade e eficiência da tarefa de montagem do novo produto.

De acordo com o relatado, embora a existência de um número crescente de estudos sobre melhorias ergonômicas que apresentam uma perspectiva econômico-financeira, uma forma organizada de informações com a finalidade de embasar decisões de investimento em Ergonomia ainda é uma necessidade; tanto para empresas, pela busca na redução de perdas, quanto para ergonomistas, na tentativa para justificar economicamente as recomendações de melhores condições de trabalho. É necessário então considerar que existe uma problemática das dificuldades de quantificação dos benefícios vinculados ao não custo ligado ao trabalhador e ao processo produtivo e, ainda, que estes são oriundos de melhorias ergonômicas nas condições de trabalho.

Considerando o contexto e o tema abordado, a questão de pesquisa central que move esta tese pode ser expressa como: “de que forma seria possível analisar projetos ergonômicos sob o ponto de vista de benefício-custo, considerando a falta de informações organizadas para este fim nas empresas?”.

1.1. Objetivos

1.1.1 Geral

O objetivo geral da tese é tratar e organizar as informações necessárias para a análise de benefício-custo de projetos ergonômicos visando facilitar sua justificativa frente ao processo de tomada de decisão.

1.1.2 Específicos

Para atingir o objetivo geral, alguns objetivos específicos são necessários:

1. Explicitar as perdas financeiras decorrentes de problemas passíveis de soluções ergonômicas, discutindo as dificuldades de quantificação sob a perspectiva prática e de pesquisa;

2. Sintetizar os achados da literatura sobre a organização de informações para análises de benefício-custo de projetos ergonômicos e elaborar um modelo conceitual a partir disso;

3. Desenvolver uma sistemática de apoio para melhor organizar as informações referentes a projetos em Ergonomia e proporcionar uma análise de benefício-custo mais completa;

1.2. Justificativa e ineditismo

Autores como Beevis e Slade (2003), Seeley e Marklin (2003), Sen e Yeow (2003), Chhokar et al. (2005), Loisel et al. (2002) e Kemmlert (1996) vêm apresentando estudos de melhoria ergonômica nas condições de trabalho de empresas do mundo todo sob o ponto de vista financeiro. A grande contribuição nesses casos é a divulgação dos efeitos financeiros positivos provenientes de investimentos em Ergonomia. No entanto, talvez pelo curto tempo de discussão que esse tópico possui, poucos autores mencionaram a necessidade de um conjunto de informações e indicadores completos que representem todos os aspectos dos objetivos da Ergonomia nas análises financeiras.

De fato, alguns estudos aplicados consideraram um conjunto de indicadores e informações que contemplam aspectos mais gerais das situações de trabalho avaliadas (Seeley; Marklin, 2003; Sen; Yeow, 2003, Yeow; Sen, 2006; Driessen et al., 2008, Aarås, 1994, Lahiri et al., 2005). Nesses casos, tanto indicadores de saúde ocupacional quanto de qualidade e produtividade do processo produtivo participaram de cálculos de benefícios financeiros da Ergonomia. Na maior parte das pesquisas da área, no entanto, apenas poucos indicadores mais específicos (por exemplo, custo de reposição de trabalhadores experientes) medem os resultados de mudanças em condições de trabalho, ferramentas e produtos. Alguns deles utilizam a perspectiva financeira para avaliar apenas problemas de saúde (Carrivick et al., 2005; Chhokar et al., 2005), enquanto outros consideram unicamente melhorias em termos de refugos e retrabalhos (Kerr et al., 2008; Sen; Yeow, 2003).

Considerando que, na prática da gestão de uma empresa, é mais importante conhecer a grandeza das perdas financeiras relacionadas à falta de boas condições de trabalho do que a relação de alguns fatores específicos (por exemplo, esforço e risco de lombalgia), o presente

estudo se propõe a contribuir para a resolução destas lacunas científicas através da metodologia apresentada posteriormente.

1.3. Delimitação

Os objetivos que guiam o desenvolvimento do presente estudo possuem algumas delimitações. A primeira delas é que algumas empresas participem voluntariamente do estudo; logo, o apoio de gestores e de trabalhadores operacionais, bem como o acesso completo das informações necessárias, não pode ser totalmente garantido. Além disso, informações ou dados que representem valores considerados intangíveis pela empresa não serão considerados, dado o foco econômico-financeiro do estudo.

Considerando que existem diferenças na prática e na legislação trabalhista entre países, principalmente na atuação de seguradoras empresariais e nos serviços de saúde pública, este estudo não delimita sua aplicação ao contexto brasileiro, ou de qualquer outro país. O seu foco está baseado na perspectiva científica geral e que considera as possíveis perdas financeiras por aspectos tributários, mas que não busca distinguir suas origens ou causas.

O foco desta tese está nas formas de identificação de perdas financeiras passíveis de redução através da Ergonomia. Assim, nenhuma discussão ou detalhamento técnico sobre métodos ou ferramentas de cálculo serão tecidos, pois o que se propõe não é a forma de cálculo, mas a organização das informações que deveriam ser consideradas.

No que se trata de quantificação de perda financeira do processo proveniente de compensação na produção (por exemplo: contratação de trabalhadores para substituição) os casos de ociosidade produtiva não serão considerados, pois não refletem aspectos ergonômicos daquela situação.

A sistemática apresentada no quinto artigo se propõe a organizar as informações necessárias para análises de benefício-custo da Ergonomia em processos produtivos. Deve-se salientar que o propósito de tal sistemática não responde somente sobre a análise de intervenções de melhoria ergonômica já realizadas, mas também sobre análises de situações de perdas financeiras passíveis de redução e conseqüentemente uma justificativa para a inserção da Ergonomia nas empresas.

1.4. Estrutura do trabalho

A presente tese de doutorado está organizada em formato de artigos científicos definido pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Após o capítulo de introdução, seis artigos serão apresentados. Existe uma sequência no encadeamento lógico entre esses estudos, de forma a apresentar a revisão teórica realizada, bem como seus desdobramentos e a proposição da sistemática para a aplicação prática. Neste contexto, três artigos representam o desenvolvimento teórico da pesquisa, enquanto os outros três, desenvolvidos paralelamente, dão subsídios complementares (Figura 1). Ao final da tese, um capítulo de conclusão apresenta os assuntos tratados ao longo dos estudos, dificuldades encontradas no desenvolvimento da tese e as discussões gerais pertinentes. A seguir são apresentados os artigos descritos de forma resumida.

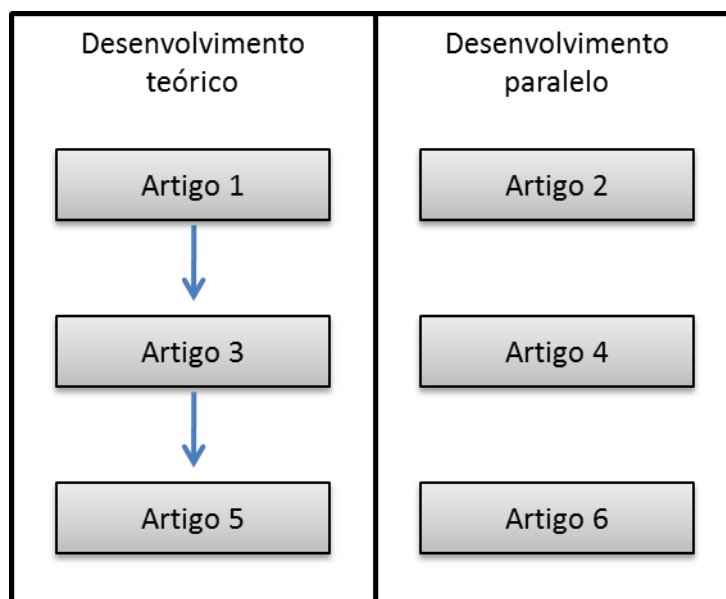


Figura 1 - Esquema do desenvolvimento dos artigos da tese

Artigo 1 – Perdas financeiras passíveis de soluções ergonômicas e suas dificuldades de quantificação

O primeiro artigo desta tese busca evidenciar as dificuldades de quantificação de perdas financeiras devido a problemas passíveis de soluções ergonômicas nas empresas. Tal meta se dá pela necessidade de justificativas financeiras para o investimento em Ergonomia.

As principais questões de pesquisa que se tenta responder com esse estudo dizem respeito à identificação das principais perdas, à discussão sobre as barreiras para a perspectiva financeira da Ergonomia e à pesquisa sobre aplicações científicas nessa área que possam orientar possíveis soluções.

Artigo 2 – Dificuldades práticas da análise de benefício-custo de um projeto ergonômico em setor de montagem

O segundo artigo da tese apresenta um caso prático sobre os fatores que dificultam a análise de benefício-custo de um projeto em Ergonomia em um setor de montagem. Com isso, espera-se indicar os problemas que levam muitos projetos de melhoria ergonômica a não serem aprovados na prática empresarial.

Artigo 3 – Informações para análise de benefício-custo de intervenções ergonômicas: um modelo conceitual

Este artigo buscou sintetizar as informações sobre o tema e elaborar um modelo conceitual, para apoiar e guiar a organização de dados necessários na análise de benefício-custo de projetos ergonômicos. Uma revisão sistemática da literatura aplicada sobre Ergonomia com enfoque econômico-financeiro foi realizada. As principais questões de pesquisa foram: “Como utilizar informações financeiras e não-financeiras para apoiar a quantificação dos benefícios financeiros de um investimento em intervenção ergonômica?” e “com qual lógica deveria ser organizada para que possa ser utilizada na prática empresarial dentro de um contexto de busca por melhores condições de trabalho e redução de problemas ocupacionais?”.

Artigo 4 – Informações financeiras na gestão da Ergonomia e a percepção de gestores brasileiros e portugueses

O quarto artigo da tese se utilizou de um estudo de caso para identificar a existência de informações suficientes para analisar e quantificar adequadamente os benefícios esperados de investimentos em projetos ergonômicos. Com base em uma revisão da literatura, foi realizado um levantamento para caracterizar as informações necessárias para a quantificação dos benefícios da Ergonomia e dar base para uma investigação sobre a existência, disponibilidade e formas de utilização dessas informações. Além disso, as condições de

informações existentes em duas empresas (uma no Brasil e outra em Portugal) e as opiniões de dois gestores acerca desse assunto foram registradas através de entrevistas.

Artigo 5 - Sistemática de Apoio para Análise de Benefício-Custo de Projetos em Ergonomia (SAABEPE)

No quinto artigo, o modelo conceitual e as pesquisas realizadas serviram de base para a criação de uma sistemática de apoio para melhor quantificar os possíveis benefícios de projetos em Ergonomia e proporcionar uma análise de benefício-custo mais completa. A necessidade de uma sistemática com esse enfoque para a Ergonomia existente na literatura científica e, principalmente, na gestão das empresas é uma das principais justificativas para o estudo.

Artigo 6 – Organização de informações para análise de benefício-custo em projetos ergonômicos

No sexto e último artigo, a aplicação da SAABEPE em uma empresa metal-mecânica é apresentada. O que se busca é que a empresa estudada possa dispor de condições para realizar análises de benefício-custo de projetos voltados à Ergonomia, da mesma forma que o faz com projetos de outras áreas de interesse. Isso visa evitar as barreiras que porventura possam impedir esse tipo de análise, e sob uma perspectiva mais ampla, justificar a aplicação da Ergonomia nas empresas.

REFERÊNCIAS

Aarås, A. (1994). The impact of ergonomic intervention on individual health and corporate prosperity in a telecommunications environment. *Ergonomics*, 37, 10, 1679-1696.

Beevis, D.; Slade, I. M. (2003). Ergonomics - costs and benefits. *Applied Ergonomics*, 34, 413-418.

Carrivick, P. J. W.; Lee, A. H.; Yau, K. K. W.; Stevenson, M. R. (2005). Evaluating the effectiveness of a participatory ergonomics approach in reducing the risk and severity of injuries from manual handling. *Ergonomics*, 48, 8, 907-914.

Chhokar, R.; Engst, C.; Miller, A.; Robinson, D.; Tate, R. B.; Yassi, A. (2005). The three-year economic benefits of a ceiling lift intervention aimed to reduce healthcare worker injuries. *Applied Ergonomics*, 36, 223-229.

- Driessen, M. T.; Anema, J. R.; Proper, K. I.; Bongers, P. M.; van der Beek, A. J. (2008). Stay@work: participatory ergonomics to prevent low back and neck pain among workers: design of a randomized controlled trial to evaluate the (cost-) effectiveness. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9:145.
- Engst, C.; Chhokar, R.; Miller, A.; Tate, R. B.; Yassi, A. (2005). Effectiveness of overhead lifting devices in reducing the risk of injury to care staff in extended care facilities. *Ergonomics*, 48, 2, 187-199.
- Hendrick, H. (2003). Determining the cost-benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success. *Applied Ergonomics*, 34, 419-427.
- Kemmlert, K. (1996). Economic impact of ergonomic intervention - four case studies. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 6, 1, 17-32.
- Kerr, M. P., Knott, D. S., Moss, M. A., Clegg, C. W., ; Horton, R. P. (2008). Assessing the value of human factors initiatives. *Applied Ergonomics*, 39, 305-315.
- Lahiri, S.; Gold, J.; Levenstein, C. (2005). Estimation of net-costs for prevention of occupational low back pain: three case studies from the US. *American Journal of Industrial Medicine*, 48, 530-541.
- Loisel, P.; Lemaire, J.; Poitras, S.; Durand, M. J.; Champagne, F.; Stock, S.; Diallo, B.; Tremblay, C. (2002). Cost-benefit and cost-effectiveness analysis of a disability prevention model for back pain management: a six year follow up study. *Occupational Environment Medicine*, 59, 807-815.
- Morse, M.; Kros, J. F.; Nadler, S. S. (2009). A decision model for the analysis of ergonomic investments. *International Journal of Production Research*, 47(21), 6109-6128.
- Seeley, P. A.; Marklin, R. W. (2003). Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility. *Applied Ergonomics*, 34, 429-439.
- Sen, R. N.; Yeow, P. H. P. (2003). Cost effectiveness of ergonomic redesign of electronic motherboard. *Applied ergonomics*, 34, 453-463.
- Simpson, G. C. (1990). Costs and benefits in occupational ergonomics. *Ergonomics*, 33, 3, 261-268.
- Stanton, N.A.; Baber, C. (2003). On the cost-effectiveness of ergonomics – editorial. *Applied Ergonomics*, 34, 407-411.
- Yeow, P. H. P.; Sen, R. N. (2006). Productivity and quality improvements, revenue increment, and rejection cost reduction in the manual component insertion lines through the application of ergonomics. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36, 367–377.

ARTIGO 1

**PERDAS FINANCEIRAS PASSÍVEIS DE SOLUÇÕES ERGONÔMICAS E SUAS
DIFICULDADES DE QUANTIFICAÇÃO**

Artigo aceito para publicação

Periódico: Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries

IN PRESS, 2012

(Qualis B1, 2012)

A cópia da submissão encontra-se no apêndice A

PERDAS FINANCEIRAS PASSÍVEIS DE SOLUÇÕES ERGONÔMICAS E SUAS DIFICULDADES DE QUANTIFICAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A Ergonomia muitas vezes é vista exclusivamente voltada para esforços de controle e prevenção de problemas de saúde e segurança ocupacional. Porém, no seu sentido real e prático ela é, além de uma disciplina científica multidisciplinar, uma tecnologia utilizada na busca de melhorias e que considera todas as facetas do desempenho humano no trabalho. Logo, isso não se limita somente à saúde, segurança e conforto, mas também a assuntos como a melhoria da qualidade do produto, ou ainda a redução de erros corriqueiros em processos produtivos (Alexander ; Albin, 2003). Nesse sentido, autores como Rowan e Wright (1994), Kerr *et al.* (2008) e Dul e Neumann (2009), discutem uma nova forma de inserção da Ergonomia na comunidade empresarial, ou seja, buscam adicionar o benefício desses assuntos no processo de justificar investimentos em Ergonomia. Para isso, parte-se do princípio de que a visão limitada das atribuições da Ergonomia não é desejável, e não deve ser a principal base para a aplicação da Ergonomia nas organizações.

Um dos principais pontos dessa discussão é a necessidade de justificativas econômicas na aplicação da Ergonomia. Em geral, empresas não aprovam programas que necessitem de altos investimentos sem esperar resultados significativos, que serão conhecidos, tendo o projeto sucesso ou não (Kirwan, 2003). Segundo Jenkins e Rickards (2001), a chave para o sucesso da justificativa de um projeto ergonômico, a aprovação da gerência, está na incorporação de todos os custos e benefícios que impactam em um projeto específico. O propósito de uma análise econômica de uma intervenção em Saúde e Segurança do Trabalho (SST) é determinar se os investimentos de melhoria são lucrativos, seja em curto ou longo prazo. Se o resultado da análise for favorável à empresa esta deveria se interessar por tal intervenção. Na verdade, o simples fato de fazer com que a empresa tome conhecimento das possibilidades de lucro, provavelmente, já seria suficiente para justificar soluções para muitos problemas, entre eles os de SST (Lahiri *et al.*, 2005, a). Apesar de haver relativamente poucas publicações sobre análises econômicas de atividades ligadas à Ergonomia, aquelas que o fazem descrevem efeitos econômicos positivos como a redução de despesas desnecessárias

com saúde, compensação por afastamentos e retrabalhos (Schneider, 1985; Aarås, 1994; Schneider, 1998; Spiegel *et al.*, 2002; Sommerich, 2003; Collins *et al.*, 2004; Audrey *et al.*, 2006; Driessen *et al.*, 2008).

Autores como Lischeid e Roy (2003) chamam a atenção para o fato de muitos ergonomistas tentarem vender a Ergonomia se justificando apenas através das perdas financeiras decorrentes de lesões ou doenças ocupacionais. Embora importante e, muitas vezes, aceita como eficaz, essa é uma abordagem reativa do ponto de vista social e econômico, pois ignora o fato de que a Ergonomia também possui suas raízes no desempenho humano. Deve-se então considerar que melhorias no desempenho podem contribuir para o aumento da produtividade e ter um efeito econômico nas perdas operacionais e nos ganhos financeiros.

Na literatura científica pode-se observar que problemas ocupacionais geram perdas financeiras, muitas vezes, expressivas para as empresas (Hendrick, 1996; Rikhardsson, 2003). Do ponto de vista econômico, esse tipo de informação seria suficiente para justificar intervenções ou melhorias ergonômicas em um local de trabalho. Todavia, a quantificação adequada dessas perdas financeiras existentes é dificultada ou praticamente inviabilizada por algumas barreiras. Alexander e Albin (2003) defendem que a maior dificuldade em justificar economicamente a Ergonomia é que os benefícios aparentes não superam os custos de implantação. Logo, é sugerido que a falta de um cálculo completo (ou quase isso) e real dos benefícios ainda é a barreira que impede ou dificulta essa equação.

De acordo com Grozdanovic (2001), há dificuldades no mapeamento das perdas por diversas razões. Informações sobre atividades particulares são exemplos disso, mas ainda se pode esbarrar em características socioeconômicas e demográficas do local, nos fatores de risco do trabalho ou, até mesmo, na natureza da intervenção. Tais dificuldades geram certa simplificação no cálculo das perdas, causando desvios nos resultados dos métodos de avaliação econômica.

De acordo com o contexto apontado, o objetivo deste artigo é explicitar as perdas financeiras decorrentes de problemas passíveis de soluções ergonômicas e discutir as dificuldades na quantificação destas. Para tal, foi realizada uma revisão da literatura científica

publicada sobre custos relacionados a problemas ocupacionais sob a perspectiva da Ergonomia. Entre os bancos de dados pesquisados estão Scholar Google, PubMed, Academic Search Premier, CINAHL e periódicos especializados em Ergonomia. A revisão foi baseada na busca, em inglês, do termo Ergonomia (*ergonomics*) associado com termos como: custos, perdas, economia e ocupacional. O título e o resumo de cada artigo foram analisados para determinar a relevância do tema para a revisão. Aqueles que não atendiam ao foco proposto (por exemplo, estudos sobre o custo energético de determinada atividade) foram excluídos nesse estágio. Além disso, as listas de referência dos artigos encontrados nos bancos de dados foram utilizadas na busca de outros estudos relevantes.

2. PERDAS FINANCEIRAS

Uma dificuldade para os pesquisadores e praticantes da Ergonomia é gerenciar as diferentes visões e perspectivas entre eles próprios e seus clientes no mundo dos negócios. Para esse último grupo, a necessidade de um caso de negócios atrativo, geralmente, prevalece sobre os benefícios de intervenções ergonômicas mais citados, como a redução de riscos, erros e acidentes. Pesquisas como a de Hendrick (2003), Seeley e Marklin (2003) e Kerr *et al.* (2008) suportam a idéia de que as razões e os argumentos para qualquer intervenção ergonômica precisam ser expressas na língua dos negócios da economia e, portanto, focar especificamente nos custos incorridos contra aqueles prevenidos. Para o presente estudo, perda financeira foi considerada como qualquer tipo de desperdício financeiro mensurável ligado a problemas ocupacionais. Esses problemas abrangem fatores relacionados à condição de trabalho existente nas empresas, e que normalmente são alvos de melhorias ergonômicas.

A definição correta sobre quais fatores deveriam ser considerados em uma análise econômica dos problemas ocupacionais está ligada ao tipo de custo envolvido. Segundo Andersson (1992), a quantificação de perdas relacionadas a problemas ocupacionais normalmente é dividida em perdas diretas e indiretas. As diretas são aquelas que podem ser facilmente relacionadas à produção de uma unidade e, comumente, incluem o trabalho direto (salário, por exemplo) e materiais utilizados. Já as perdas indiretas são aquelas em que essa relação não é possível, como custos do absenteísmo e de *turnover*. Neste estudo, a divisão de

perdas financeiras foi abordada em termos de causa mais próxima relacionada ao trabalhador ou ao processo.

2.1 Perdas financeiras ligadas ao trabalhador

As perdas financeiras ligadas diretamente aos trabalhadores estão relacionadas principalmente com a saúde. A falta de adaptação das condições de trabalho contribui para o aumento do risco de doenças e lesões ocupacionais, que por sua vez podem gerar perdas financeiras muitas vezes expressivas para as empresas. O impacto e a forma de quantificação das perdas desses problemas de saúde ocupacional e do absenteísmo decorrente são explicitados a seguir.

2.1.1 Lesões e doenças

Um ambiente de trabalho bem adaptado influencia o bem-estar dos trabalhadores e diminui o risco de doenças ocupacionais, mas contempla também benefícios econômico-financeiros ao evitar custos de saúde (Nelson; Hughes, 2009). A partir de uma visão centrada nas perdas financeiras desencadeadas por doenças ocupacionais, assumindo indicadores de risco como o esforço repetitivo, a carga de trabalho elevada, as posturas desfavoráveis e a exposição a condições ambientais desfavoráveis, é possível obter considerações sobre o efeito econômico dos problemas ocupacionais. Uma análise sobre o ônus que estes problemas podem gerar (Lowe, 2003) indica que é grande o número de custos incorridos, tais como compensação dos trabalhadores, contratação, treinamento, horas-extras, entre outros. Além disso, esse resultado é endossado pelos argumentos de que os custos evitados com trabalhadores temporários e com retrabalhos, bem como a reabilitação e o treinamento, são resultados diretos de um ambiente de trabalho em sintonia com as capacidades e necessidades humanas. Desde a década de 80, as empresas já consideravam o impacto financeiro dos cuidados com a saúde dos trabalhadores. Stamper (1987) mostrou o caso da Boeing e de outras empresas, indicando a prevenção baseada na promoção de saúde e condicionamento físico dos trabalhadores. Em um estudo na Volvo, Wallin (1987) apresentou um método desenvolvido para avaliar os efeitos da organização do trabalho sobre a saúde e o bem-estar dos trabalhadores, assim como as perdas financeiras envolvidas. O estudo de Mital e

Ghahramani (1994), que utilizou uma base de dados de sete anos da AT&T, obteve como um dos resultados o declínio na taxa de lesão ocupacional, após a implantação de melhores práticas de Ergonomia e saúde ocupacional. Essa taxa utilizada no estudo foi estratificada por setor de trabalho, gênero, idade, partes lesionadas do corpo, tipo de lesão, dias de trabalho perdido ou restrito e tipo de incidente (manutenção manual, movimento repetitivo, quedas, batidas, entre outros). Entretanto, esses estudos não detalharam a forma de quantificação das perdas financeiras associadas às lesões e ao absenteísmo.

Estudos da União Européia (EASHW, 2010) realizados, especificamente sobre o impacto de Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT), estimam que o custo deste problema esteja em média entre 0,5% e 2% do Produto Interno Bruto (PIB) dos países membros. Para o cálculo das perdas foram utilizados índices como a quantidade de dias perdidos por DORT e no total; custos diretos por DORT: pagamento de salário durante afastamento, benefícios ao trabalhador, custo do tratamento médico, custo de pensão de reabilitação ou invalidez e contribuição do próprio trabalhador para o tratamento médico; custos indiretos por DORT: perda de produtividade, custo de compensação, perda de salário do trabalhador e redução da empregabilidade do trabalhador.

Outros indicadores foram apresentados por Nelson e Hughes (2009) para estimar custos e benefícios de intervenções para prevenir a lombalgia ocupacional e fatores de risco relacionados. Entre eles encontram-se as visitas ao departamento médico, a compensação por lesão lombar, o tempo perdido por lesão lombar, os índices de doença ocupacional, o absenteísmo por doença e o risco relativo de absenteísmo.

Dempsey e Hashemi (1999), através de uma base de dados de uma empresa de seguros, realizaram uma pesquisa documental e chegaram à conclusão de que, considerando os custos de tratamento, de indenizações e de processos burocráticos, a perda financeira relativa especificamente a lesões de manutenção manual de carga, apenas na região lombar e membros superiores, perfaz mais de 70% do total desses custos. Porém, este estudo não considerou perdas financeiras relativas a outros aspectos, que também são afetados pelo afastamento de trabalhadores, como por exemplo a produtividade.

Já em um estudo australiano, Carrivick *et al.* (2005) pesquisaram uma equipe de limpeza de 137 pessoas responsável por um grande hospital. De forma participativa, a Ergonomia foi utilizada para tentar diminuir o risco de lesões por manutenção manual de carga. Neste estudo foram considerados indicadores como custo de compensação (salários, custos médicos, custos legais, custos de viagens, custo de reabilitação e custos por acordos judiciais) e as horas de trabalho perdidas por doenças. Com dados de quatro anos pré e três anos pós-intervenção os custos de compensação foram reduzidos em 62%, e as horas perdidas em 35%.

No âmbito das lesões e doenças em geral, é possível também utilizar o registro de custos de saúde para criar referências para projetos de melhoria. As perdas médias referentes às lesões ocupacionais como os DORT, por exemplo, podem ser usados inicialmente para justificar investimentos em análises e intervenções ergonômicas de projetos piloto em locais de risco (Alexander; Albin, 2003).

2.1.2 Absenteísmo

O absenteísmo é um dos problemas mais complexos apresentados no presente estudo, principalmente do ponto de vista da quantificação de perdas. Suas causas são múltiplas e seus desdobramentos geram problemas em vários campos. O consensual na literatura científica aponta para a necessidade de evitar níveis elevados de absenteísmo e que condições de trabalho favoráveis são indispensáveis para isso.

De acordo com Abrahamsson (2000), as mudanças no ambiente de trabalho podem reduzir a taxa de absenteísmo. Tanto mudanças de *layout* de postos de trabalho quanto de outras medidas favoráveis ao ambiente fazem com que o trabalhador se sinta mais confortável e disposto a encarar com maior disposição sua rotina de trabalho. Nesse tipo de situação a incidência de faltas ao trabalho diminui e, conforme Kim *et al.* (2004) e Dul e Neumann (2009), os custos diretos que interagem com absenteísmo também sofrem redução.

Na reposição de trabalhadores afastados (por doença ou não) sempre há custos adicionais, sejam as horas-extras de outros funcionários ou, até mesmo, a contratação de

novos trabalhadores (inclusive temporários). Além dessas perdas deve-se também considerar que o trabalhador afastado geralmente recebe uma compensação financeira; o que corresponde ao seu custo normal (homem-hora) em situações estáveis do ponto de vista do absenteísmo (Alexander; Albin, 2003; Morgan; Chow, 2007). De acordo com Brouwer *et al.* (2002), inerente ao absenteísmo são as perdas com a compensação por perda de produtividade. Com o trabalhador debilitado e afastado a empresa recorre a meios como horas-extras ou contratação temporária, a fim de nivelar sua produção. Para identificar as perdas financeiras diretas evitadas com uma intervenção ergonômica em um hospital, Engst *et al.* (2005) compararam as perdas pré e pós-intervenção. Tais indicadores consideravam as perdas de compensação e de tratamento de saúde dos trabalhadores afastados. Os custos indiretos foram estimados como sendo o dobro desses diretos, incluindo ainda benefícios como redução de *turnover*, redução na perda de tempo e no processo de contratação e treinamento e ainda aumento do moral dos trabalhadores.

O impacto financeiro deste problema pode ser observado através de dados sobre as perdas do absenteísmo por doença em países da União Européia (ERR, 1997). Um estudo com 8.475 trabalhadores da Dinamarca, por exemplo, correlacionou algumas condições ergonômicas do trabalho (como carga de trabalho, posturas e repetitividade) com o risco de pensões por invalidez. Aproximadamente 21% dos homens e 34% das mulheres que recebiam pensões por invalidez estavam expostos a condições de trabalho consideradas desfavoráveis (Labriola *et al.*, 2009). O custo envolvido com esse tipo de problema pode ser considerado de longo prazo, pois os trabalhadores podem ficar anos expostos aos fatores causadores antes de serem afastados permanentemente.

Quando acontece o afastamento de um trabalhador por um problema de saúde, os custos adicionais também incluem a supervisão (gerentes). Os principais custos, nesse caso, são relativos ao tempo demandado para tarefas extras da supervisão ligadas a essa situação, como acompanhamento de trabalhadores inexperientes, processos burocráticos relativos ao afastado e alterações na organização do trabalho (agenda de substituição, por exemplo) (Alexander ; Albin, 2003).

Além das perdas de compensação, também é importante observar e identificar a diferença das perdas produtivas ocasionadas por redução na performance do trabalhador

doente daquelas ocasionadas pelo afastamento do trabalhador da empresa por doença. Com isso, é possível simular ocasiões e traçar estratégias onde será preferível conceder dias de folga para os trabalhadores com o objetivo de recuperação, e evitar o trabalho com baixo rendimento (Brouwer *et al.*, 2002). Os dois tipos de perdas mencionados geram custos importantes, mas a redução de produtividade presencial é considerada de difícil mensuração (Brouwer *et al.*, 2002; Dahlén ; Wernersson, 1995).

Por outro lado, as perdas por afastamento do trabalhador são abordadas por alguns métodos de custeio como o Human Capital Method (Koopmanschap; van Ineveld, 1992), o Friction Cost Method (Koopmanschap *et al.*,1995) e o US Panel Method (Gold *et al.*, 1996). Tais métodos de avaliação de custos de perdas produtivas por absenteísmo não são robustos e precisos, devido à falta de consideração dos períodos de transição pré e pós-doença. Isso se dá pelo período de tempo em que o trabalhador está ativo, porém sofrendo as consequências da doença ou no período de reintegração à atividade normal de trabalho (Brouwer *et al.*, 2002; Driessen *et al.*, 2008). Este fator assume na literatura a denominação de presenteísmo e já foi objeto de estudos como os de Hemp (2004) e Goetzel *et al.*(2004).

2.2 Perdas financeiras ligadas ao processo

Condições de trabalho desfavoráveis e tarefas sem planejamento adequado contribuem para o aumento na incidência de problemas de produtividade e qualidade, o que pode ser traduzido em perdas financeiras. O impacto e a forma de quantificação das perdas desses problemas em torno de processos produtivos são explicitados a seguir.

2.2.1 Produtividade

Autores como Jenkins e Rickards (2001) argumentam que o cálculo do custo da produtividade é baseado nos custos relativos ao cenário atual (A) e ao cenário ideal (T). Subtraindo A de T, tem-se a diferença que representa a perda que acontece numa situação não otimizada. Esse cálculo de produtividade também pode ser utilizado para evidenciar o

impacto de determinada ação ergonômica na empresa, embora os indicadores que definem as perdas possam ser difíceis de estabelecer e relacionar com o processo produtivo.

Yeow e Sen (2006), Abrahamsson (2000) e Falck (2008) indicam que o impacto na economia devido à melhora na produtividade, decorrente de mudanças das condições ergonômicas de trabalho, é expressivo. De fato, a melhoria das condições ergonômicas é abordada como sendo inerente ao bem-estar dos trabalhadores. Mas, para abordar economicamente este contexto os autores discutiram formas para a quantificação da produtividade em termos de custo, dentre elas os métodos de determinação de custos, métodos de determinação dos custos e benefícios, métodos que consideram diferentes períodos de tempo entre custo e benefício, entre outros.

Já Dul e Neumann (2009) chamam a atenção para o aumento de custos diretos e indiretos devido às situações inadequadas de Ergonomia. As perdas na produtividade resultantes de condições de trabalho desfavoráveis podem ser possivelmente maiores que os custos diretos, mas geralmente não são medidas. Os autores citam como exemplo a experiência de uma empresa holandesa que desenvolve, monta e vende lâmpadas de emergência. Após uma intervenção ergonômica no ambiente de trabalho, alterando o processo de produção, a produtividade em termos de produtos por pessoa por dia aumentou em 69%.

Em Vink *et al.* (2002), estudo também holandês sobre a redução da carga de trabalho de pedreiros, o número de tijolos assentados em um dia foi utilizado como um indicador de produtividade. Após a intervenção de melhoria ergonômica, foi constatada uma redução de 15% na carga de trabalho e um aumento de 10% na produtividade. Com base na metodologia utilizada, foi recomendado que, para o cálculo de eficácia de uma intervenção ergonômica, se possível, sejam usados os mesmos parâmetros que os gerentes utilizam para avaliar a performance dos processos, como no caso explicitado.

Empresas vêm se comprometendo com outra situação, de acordo com Brouwer (2002). O período que margeia o adoecimento, ocasião em que o trabalhador pode não estar totalmente disposto para realizar um trabalho possui, em no mínimo 30% dos casos, queda na performance daqueles que estão debilitados. Em outro estudo, Abrahamsson (2000) apresenta uma análise percentual da perda da produtividade, onde se concluiu que cerca de 25% de

perdas anteriores e 20% de perdas posteriores à doença não são incluídas nos cálculos dos métodos. Além disso, trabalhadores novos também produzem menos quando comparados com trabalhadores mais experientes. Em uma empresa de telecomunicações foi constatado, durante um período de 16 semanas, que trabalhadores novos produziram apenas 40% da produção média de um trabalhador experiente naquelas tarefas (Aarås, 1994). Logo, o adoecimento do trabalhador e seu possível afastamento parecem trazer perdas importantes e que podem ser evitadas ou reduzidas com melhores condições ergonômicas.

2.2.2 Qualidade

Perdas financeiras por defeitos na qualidade dos produtos, causadas por problemas de realização da tarefa, também é um tópico discutido em pesquisas (Abrahamsson, 2000). Isso se apresenta como um indicador da necessidade de melhores condições ergonômicas, principalmente pelo alto custo de retrabalho dos produtos com defeitos causados por erros ao final da linha de produção. Um estudo em uma montadora de carros analisou esse tipo de erro comparando diferentes situações de condições e carga física de trabalho. Os resultados indicaram que a maior quantidade de problemas de qualidade ocorreu nas situações com risco físico alto ou médio acarretando, portanto, maiores custos de retrabalho e refugo (Falck, 2008; Falck, 2010).

Abrahamsson (2000) também evidenciou algo semelhante em um estudo sobre os efeitos econômicos das condições de trabalho em uma siderúrgica após um projeto de melhoria. Um novo e melhor ambiente de trabalho fez com que o aço pudesse ser produzido com maior qualidade e eficiência, além de reduzir os afastamentos e lesões ocupacionais.

Um problema em relação ao afastamento de um trabalhador é a relativa queda na produtividade, o que tem um impacto considerável visto que os custos fixos (por exemplo, *overhead*) se mantêm inalterados, mesmo com a diminuição da atividade produtiva naquele posto. Neste contexto, nos casos em que o trabalhador é substituído, é comum haver uma queda na qualidade dos produtos ali processados, devido à possibilidade da falta de experiência ou de treinamento adequado. Tal alteração na qualidade também gera custos

adicionais pelo aumento do risco de erros, seja produzindo mais retrabalhos ou refugos (Alexander ; Albin, 2003).

Em um dos casos analisados por Vink *et al.* (2002) a intervenção ergonômica em uma linha de montagem não resultou em um aumento de produtividade como esperado, com a produtividade sendo medida pela saída de produtos acabados no final da linha. Porém, os índices de defeito de qualidade, de retrabalho e de refugo reduziram consideravelmente, o que expressou a importância desse indicador para a avaliação das perdas com origem ergonômica.

3. DIFICULDADES DE QUANTIFICAÇÃO DE BENEFÍCIOS ECONÔMICO-FINANCEIROS DE INTERVENÇÕES ERGONÔMICAS

Avaliações ergonômicas são relativamente simples e de rápido prognóstico quando se trata de condições técnicas de trabalho. A dificuldade reside na demonstração dos custos envolvidos e da rentabilidade de uma possível intervenção de melhoria proposta. Por exemplo, o ruído em muitas indústrias é um grande problema ambiental, mas pode ser diminuído através de medidas de proteção acústica. O quanto dessa intervenção representa em termos de melhorias na produtividade e, portanto, em ganhos para a empresa frente ao investimento, é de difícil mensuração (Beevis; Slade, 2003). A justificativa econômica para a Ergonomia depende então da determinação do custeio de muitos fatores.

Muitos trabalhos na literatura têm se debruçado sobre maneiras de conseguir o apoio gerencial a fim de se empreender um projeto ergonômico. Beevis e Slade (2003) afirmam que um meio para isso é realizar uma comparação entre os custos para sanar um eventual problema e os custos inerentes ao processo, ou ainda, segundo Beevis (2003), fazer uma avaliação partindo dos riscos que podem ser evitados.

Durante a leitura dos artigos incluídos nessa revisão buscou-se identificar a indicação, por parte dos autores, de qualquer tipo de problema que dificultasse ou impedisse uma quantificação acurada das perdas financeiras relacionadas com problemas ocupacionais. Tais dificuldades encontradas foram agrupadas conforme sua característica principal e apresentadas a seguir.

3.1 Custo da informação

A primeira barreira que dificulta o acesso a dados importantes para os cálculos das análises econômicas é o custo da informação. No contexto da Ergonomia, calcular custos ou ganhos financeiros específicos decorrentes de investimentos em condições de trabalho depende da quantidade e da qualidade da informação disponível.

Para a realização de um estudo prospectivo dos custos e benefícios de uma intervenção ergonômica é necessário o acesso a informações e sistemas específicos da empresa (Falck *et al.*, 2008). Sommerich (2003) diz que cálculos mais específicos, nesse contexto, dependem do tipo de informação já disponíveis na empresa. E isso pode ser uma dificuldade, pois nem sempre as informações disponíveis são suficientes. Qualquer dado extra que seja necessário para o cálculo gera custo, o que acaba se tornando uma barreira para projetos de melhoria ergonômica com perspectiva financeira.

Um estudo sobre lombalgia foi realizado no EUA, em conjunto com a OMS, e utilizou uma simulação por computador para inferir informações de um período de 100 anos. O objetivo foi mapear a relação custo-efetividade de algumas intervenções ergonômicas, e essa metodologia foi necessária para contornar a barreira do custo da informação (Lahiri *et al.*, 2005,b).

Abrahamsson (2000) discute alguns problemas metodológicos em torno da utilização de informações de saúde e segurança. Ele indica que o custo da seleção de dados detalhados e da quantificação e cálculo dos efeitos (custos e benefícios) não são exclusivos para os investimentos ergonômicos iniciados por problemas ocupacionais. Logo, o custo da informação necessária para cálculos de atratividade não precisaria ser visto como uma barreira para projetos de melhoria ergonômica. Além disso, é considerado comum na rotina das empresas aceitar valores estimados e até palpites subjetivos em situações conhecidas.

3.2 Multifatorialidade e simplificações

Outra dificuldade na obtenção de dados para o cálculo das perdas financeiras dos problemas ocupacionais é ausência de causas diretas e localizadas. Praticamente qualquer

problema proveniente das relações do trabalho, que possa gerar perdas financeiras para as empresas, tem sua origem em fatores que podem ser conhecidos ou não, de caráter quantitativo, ou não. Em muitos casos, isso se torna um impedimento pela impossibilidade de uma boa representação econômica do problema e de possíveis soluções.

Considerando essa diversidade e complexidade de fatores causais, encontrada na tentativa de determinação de custos e benefícios dos problemas ocupacionais e suas respectivas possibilidades de soluções ergonômicas, alguns estudos utilizam formas de análise mais originais e generalistas. A identificação das perdas financeiras para a análise de custo-benefício traz como principal problema o fato de que muitos indicadores (principalmente os qualitativos) não podem ser traduzidos em valores monetários. Grozdanovic (2001) afirma que essa restrição requer a associação de outras abordagens de avaliação, pois a utilização de um único método de custo-benefício pode não avaliar corretamente a situação. Segundo Hendrick (2003), a aprovação de um projeto de intervenção ergonômica pela gerência de uma empresa depende não só de uma proposta técnica atrativa, mas também de uma análise de custo-benefício que seja interessante e que justifique o projeto. Embora esse tipo de abordagem tenha se mostrado eficiente considerando os indicadores escolhidos, ela esbarra em dificuldades que podem tornar a análise simplista e inespecífica.

No estudo de Abrahamsson (2000), para avaliar as mudanças ambientais em uma empresa siderúrgica após uma intervenção, foram realizadas pesquisas, observações e questionários a fim de identificar alterações no sistema e em seus custos relativos. O acompanhamento do efeito das mudanças do ambiente de trabalho nos trabalhadores foi considerado bastante simples de realizar. Mas, em termos de efeitos na produção, o acompanhamento do sistema revelou-se muito simplista e pouco específico. Os departamentos afetavam uns aos outros, e nem sempre foi possível definir as razões para as variações nos custos do processo.

Lowe (2003) afirma que o uso de métodos de estimativa pouco precisa, os quais subestimam os custos dos DORT, podem ser apontados como um problema de avaliação. Isto ocorre não só com os custos de saúde, mas também os envolvidos com outros aspectos, como em análises sobre locais de trabalho insalubres. Por exemplo, isso ocorre quando a solução envolve mudança de *layout* para propor um ambiente de trabalho saudável, porém são

considerados custos com reestruturação e redimensionamento, que não são propriamente direcionados à saúde, e acabam dificultando a exata definição das perdas.

Fatores externos à empresa também podem dificultar a visualização das perdas e ganhos financeiros. Mital e Ghahramani (1994), em um período de sete anos de estudo em uma empresa de telecomunicações, observaram um declínio na taxa de lesões ocupacionais e uma redução de 47% no absenteísmo (dias perdidos por lesão/doença), além de um aumento de 10% no custo associado às lesões ocupacionais. Tal discordância entre resultados foi relacionada à inflação do período que, aparentemente, neutralizou o custo evitado com a redução do absenteísmo e do índice de lesão ocupacional.

Já Lahiri *et al.* (2005, c) utilizaram uma análise de custo-efetividade em um estudo de prevenção de silicose, pois considerou útil em situações onde os benefícios de uma determinada ação (por exemplo, em termos de saúde) são difíceis de avaliar. Essa ferramenta ajuda a avaliar as implicações dos diferentes possíveis investimentos baseando-se em termos de objetivos benéficos estabelecidos. Nesse caso, o objetivo foi medido em Anos Saudáveis Equivalentes, e o custo de diferentes formas de intervenção foi ranqueado em termos financeiros. Em outro estudo do mesmo formato, Lahiri *et al.* (2005, b) utilizam o Ano de Vida Saudável como indicador de benefícios à prevenção de lombalgias. Isso parece ser uma tentativa de simplificação das características dos problemas estudados a fim de tornar possível um cálculo de perdas financeiras, mesmo podendo ser considerado incompleto.

3.3 Bloqueio e ausência de informações

Programas de Ergonomia deveriam poder conseguir alcançar resultados substanciais, mostrando o potencial impacto relacionado à disciplina. Mas é muito comum que os ergonomistas recebam recursos escassos e pouco ou nenhum acesso operacional para resolver problemas difíceis e complexos, sendo difícil obter bons resultados sob tais circunstâncias (Kirwan, 2003). Neste contexto, o registro e a utilização de informações sobre as perdas de produção e da empresa como um todo torna-se cada vez mais importante para manter um padrão competitivo. Todavia, concentram-se empecilhos a respeito do início de uma

intervenção ergonômica exatamente pelas dificuldades encontradas na obtenção dessas informações. Autores discutem os problemas que as empresas sofrem hoje devido à alta demanda ou mesmo à barreira contra o fornecimento de informações. Beevis (2003) afirma que as empresas empregam resistência no fornecimento de informações de suporte à pesquisa, dificultando o avanço científico e eliminando a possibilidade de melhoria no controle dos problemas ocupacionais.

Lahiri *et al.* (2005, a) publicaram um estudo sobre a prevenção de lombalgia ocupacional em que identificou uma extrema dificuldade em reunir informações úteis sobre custos, especialmente os retrospectivos. No caso apresentado, mesmo antigas intervenções consideradas bem sucedidas pela empresa não registraram dados sobre custos de forma efetiva, impedindo novos avanços.

Além do bloqueio e da ausência de informações de custos, a subjetividade é outro fator que pode impedir a demonstração das perdas e possíveis benefícios ligados à Ergonomia. Para conhecer a real eficiência de um sistema produtivo não apenas fatores diretos como a produtividade e o absenteísmo são considerados, mas também fatores intangíveis como o aumento da moral e da qualidade de vida no trabalho são indicados como auxiliares no aumento do desempenho produtivo e, portanto, econômico. Mas, apesar de importantes, esses benefícios deixam de ser efetivamente considerados pela dificuldade de inserção em análises econômicas (Liu *et al.*, 2009; Goossens; Evers, 1997).

Koningsveld *et al.* (2005) apresentam os potenciais benefícios de intervenções ergonômicas, a partir do acompanhamento de doze projetos aplicados. São apresentados alguns benefícios facilmente traduzidos para custos, como a redução de *turnover*, a redução de trabalhadores temporários, melhoria nos níveis de qualidade do produto, redução de absenteísmo, redução de custos com saúde, redução de retrabalho e refugo. Contudo, são também considerados como ganhos expressivos fatores como a melhor motivação dos trabalhadores, produtos de montagem mais facilitada, aumento da flexibilidade do processo, melhoria da satisfação no trabalho, retorno ao trabalho mais rápido, além dos chamados valores e padrões da empresa como saúde e segurança sendo levados a sério, o orgulho dos trabalhadores, o aumento na segurança, e os processos e produtos sustentáveis.

Pesquisas como Collins *et al.* (2004) e Audrey *et al.* (2006) calcularam o *payback* baseando-se em informações disponíveis na empresa sobre afastamentos, registros médicos e até em dados da OSHA. Entretanto, reconhecem que o resultado seria muito diferente (talvez cinco vezes melhor) se fossem considerados fatores ditos indiretos, como contratação, treinamento, salários perdidos, baixa moral e *turnover* dos trabalhadores.

Uma das barreiras para o acesso a informações sobre os custos de tratamento de saúde do trabalhadores é a utilização de serviços médicos particulares. Outra barreira é o bloqueio das informações de compensação feito por empresas contratadas para tratar dessa finalidade. Esse estudo apresentou dificuldades e limitações para criar uma justificativa econômica para uma intervenção de melhoria ergonômica. A dificuldade foi reunir dados precisos em quantidade suficiente sobre as lesões e seus desdobramentos de custos. Além destes, os custos de saúde e substituição de trabalhadores não eram sabidos exatamente, bem como a economia que foi gerada pela melhoria ergonômica em torno de serviços de saúde, contratação e compensação de trabalhadores. Embora sejam utilizados dados estimados ou aproximados, acredita-se que eles possam ser conservadores e fidedignos ao máximo (Seeley; Marklin, 2003).

Em um estudo de 6 anos em um hospital canadense, Chhokar *et al.* (2005) foram capazes de justificar um investimento de \$344.323,00 em melhorias ergonômicas, através de um cálculo de perdas financeiras que considerou o índice de afastamentos do trabalho e seus consequentes desdobramentos de um grupo de profissionais da saúde. Entretanto, tais informações não foram suficientemente explicitadas no estudo, talvez porque eram definidas por um Comitê de Compensação dos Trabalhadores e, além disso, envolviam a compensação financeira de lesões ocupacionais. Ainda assim, com informações limitadas, os indicadores de lesão e custos de compensação foram reduzidos a ponto de gerar um período de *payback* de 0,8 ano.

3.4 Falta de métodos de mensuração

O objetivo de um método de mensuração de custeio para Ergonomia é identificar o potencial financeiro que os problemas ocupacionais podem possuir. Mas um método pode sofrer com deficiências na utilização pela existência das dificuldades de quantificação

discutidas. Por isso, no caso de uma análise custo-benefício, por exemplo, ocorrem simplificações no cálculo, a fim de se encontrar valores que possam, de alguma forma, embasar uma avaliação das intervenções ergonômicas (Grozdanovic, 2001). Muitas vezes, eles se baseiam em taxas salariais, o que não representa completamente os custos do processo. O que falta atualmente é quantificar financeiramente essas perdas através dos custos adicionais reais do processo (incluindo quedas de produtividade e perdas de tempo).

Se não houver um método de avaliação que registre os custos e benefícios da Ergonomia, apenas os custos se tornarão aparentes (Sommerich, 2003). E, mais importante que a identificação do potencial de redução de custos é, segundo Goossens; Evers (1997), a definição correta das perdas que serão consideradas na análise e como elas serão mensuradas.

Selecionar dados detalhados, quantificar e calcular os efeitos (custos e benefícios) não é um problema exclusivo de investimentos iniciados por causa de problemas do ambiente de trabalho. Existe a necessidade de prosseguir a investigação sobre os métodos de análise econômica da produção. Dessa forma, é importante proceder a uma avaliação global, a fim de adquirir experiência, acompanhar rotinas para decidir quais mudanças devem ser consideradas como efeitos do novo local de trabalho e qual o valor destes em termos financeiros (Abrahamsson, 2000).

Métodos que visam avaliar o custo do absenteísmo geralmente incorrem em erros. Seja pela falta de precisão na análise da produtividade dos períodos antes e depois da doença que gerou o afastamento, seja por situações corriqueiras, as quais acabam sendo confundidas, dentro do método, com doenças de fato. Esse é o caso de conversas com colegas de trabalho (Brouwer *et al.*, 2002). Supondo que o método usado se baseie no tempo que o trabalhador leva para realizar uma operação, se não for realizado um mapeamento das tarefas, como saber onde o trabalhador perde tempo de produção? (Abrahamsson, 2000)

Um estudo em uma empresa de telecomunicações apresentou resultados que colaboram com a hipótese de que o aumento gradual na quantidade de lesões ocupacionais nas empresas se deve a melhoria nas formas de registro, que são cada vez mais precisas (nesse caso, o MARS – Mechanized Accident Reporting System) (Mital; Ghahramani, 1994).

Em um relatório de estudos sobre o impacto e a incidência das doenças músculo-esqueléticas ocupacionais em países da União Européia (EASHW, 2010) é citada a dificuldade na avaliação da real extensão financeira desse problema. Entre os fatores de interferência indicados está a organização dos sistemas de seguro empresarial, a baixa validade das informações recebidas e a falta de critérios de avaliação estabelecidos.

Riel e Imbeau (1997) basearam seu método na abordagem da atividade. Tal método foca no cálculo dos custos de acidentes, com o propósito de utilizar esses custos como uma base de alocação para custos de seguro. Isso é logo usado na avaliação dos efeitos de investimentos em Ergonomia sobre os custos de seguro. Esse método combina o estudo da consequência e da causa. Entretanto, a definição de Ergonomia que os autores utilizam é muito ampla e inclui tanto o *design* do local de trabalho como as medidas de prevenção de acidentes (Rikhardsson, 2005).

A revisão de Tompa *et al.* (2009) encontrou forte evidência que suporta os benefícios econômico-financeiros das intervenções ergonômicas na manufatura. Além disso, chama a atenção para a necessidade de uma consideração mais sistemática desses benefícios e o futuro desenvolvimento de métodos analíticos padronizados que possam garantir uma base de evidências maior e mais confiável.

Em busca de uma contribuição prática para a problemática sobre como avaliar financeiramente projetos ergonômicos, em termos de prevenção de perdas e benefícios de negócios, Kerr *et al.* (2008) apresentou uma metodologia baseada numa aplicação de uma ferramenta probabilística de avaliação. A pesquisa examinou a efetividade de iniciativas ergonômicas e também apresentou algumas dificuldades encontradas na avaliação do valor financeiro de tais projetos. Uma sinopse de alguns problemas-chave identificados por trabalhos anteriores sobre a avaliação do valor de projetos ergonômicos e como as atuais pesquisas podem lidar com eles pode ser vista na Figura 1, uma lista dos principais autores que discutiram os assuntos apontados nesse artigo pode ser vista na Figura 2.

A falha da Ergonomia na utilização e na conversação da linguagem dos negócios
A dificuldade em fazer avaliações financeiras de projetos ergonômicos, associada com uma estimativa sub-valorizada da prevenção de custos
A larga aplicabilidade de abordagens e métodos que são utilizados para medir o custo-efetividade
Os problemas em avaliar intervenções de mudança tecnológica de complexidade crescente
A mudança do aspecto físico para o cognitivo, social e organizacional do design e da usabilidade dos sistemas

Figura 1 Sinopse dos problemas-chave sobre a avaliação do valor de projetos ergonômicos.

Fonte: Kerr et al. (2008)

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O objetivo deste artigo foi explicitar e discutir as dificuldades na quantificação de perdas financeiras decorrentes de problemas passíveis de soluções ergonômicas. As perdas financeiras mais aparentes são aquelas ligadas ao trabalhador, como saúde e absenteísmo. Já as perdas ligadas aos processos produtivos, apesar de possuírem potencialmente um impacto financeiro maior, são menos conhecidas entre os gestores. Apesar disso, é comum encontrar gestores que percebam esse impacto mesmo sem ter acesso aos indicadores.

O custo das informações, a multifatorialidade, o bloqueio de informações e a falta de um método de mensuração foram as maiores dificuldades citadas na literatura científica. Ainda assim, pesquisas aplicadas trazem resultados muito positivos do ponto de vista das melhorias ergonômicas, mesmo que através de cálculos parciais. Deve ser considerado que os resultados e, principalmente, as sistemáticas de mensuração de perdas financeiras por problemas passíveis de soluções ergonômicas são aqui apresentados sob a perspectiva da pesquisa científica. Na pesquisa, a escolha e o acompanhamento de indicadores de uma situação real tentam inferir sobre a realidade das empresas. E não são apenas alguns fatores específicos que podem influenciar no desempenho, pois todos podem ser relevantes.

Dificuldade	Fontes
Custo da informação	(Sommerich, 2003) (Beevis; Slade, 2003) (Grozdanovic, 2001) (Lahiri <i>et al.</i> , 2005, b) (Nelson; Hughes, 2009) (Engst <i>et al.</i> , 2005) (Yeow; Sen, 2006) (Goossens; Evers, 1997) (Brouwer <i>et al.</i> , 2002)
Multifatorialidade e simplificações	(Grozdanovic, 2001) (Hendrick, 2003) (Abrahamsson, 2000) (Lowe, 2003) (Mital; Ghahramani, 1994) (Lahiri, 2005, c) (Lahiri, 2005, b)
Bloqueio e/ou ausência de informações	(Beevis, 2003) (Lahiri, 2005, a) (Liu <i>et al.</i> , 2009) (Goossens; Evers, 1997) (Koningsveld <i>et al.</i> , 2005) (Kirwan, 2003) (Collins <i>et al.</i> , 2004) (Audrey <i>et al.</i> , 2006) (Seeley; Marklin, 2003) (Chhokar <i>et al.</i> , 2005)
Falta de métodos de mensuração	(Grozdanovic, 2001) (Alexander; Albin, 2003) (Sommerich, 2003) (Goossens; Evers, 1997) (Abrahamsson, 2000) (Brouwer <i>et al.</i> , 2002) (Mital; Ghahramani, 1994) (Rikhardsson, 2005) (Tompa <i>et al.</i> , 2009) (Kerr <i>et al.</i> , 2008)

Figura 2 Principais autores que citaram os assuntos discutidos neste artigo

A relação de custo-benefício de projetos ergonômicos tem sido tratada como uma preocupação crítica para os praticantes e profissionais da área (Vink *et al.*, 2002). Para Kirwan (2003), a indústria precisa estar consciente das perdas reais, bem como dos potenciais benefícios de se resolver problemas que envolvem o componente mais complexo do mundo. Entretanto, embora possa ser realizada uma boa análise de custo-benefício das intervenções de

Ergonomia, seus resultados podem ser facilmente adaptados aos desejos dos financiadores da análise. E esse é um dos motivos que demonstram a importância de dados reais, confiáveis e nos quais as decisões possam se apoiar (Grozdanovic, 2001).

Vender soluções ergonômicas como uma “máquina de fazer dinheiro”, que aumenta a rentabilidade e oferece um investimento positivo necessita então que os ergonomistas construam relações com pessoas do setor financeiro e que reconheçam os objetivos de lucro da administração (Abrahamsson, 2000). Ergonomistas tendem a não ser contratados por causa da falta de confiança no quão rentável pode parecer essa disciplina. Mas, apesar disso, a Ergonomia deveria ser vista como uma área multidisciplinar, bem como ela é, e não como uma ameaça às disciplinas tradicionais (Grozdanovic, 2001).

Para Seeley e Marklin (2003), um dos obstáculos de se vender a Ergonomia para os gestores é que eles a vêem como alto custo, mas baixo valor. Uma maneira efetiva de conseguir alterar essa visão é implementar algumas intervenções simples e de sucesso, mas com baixo custo e alto valor. Os benefícios positivos dessas intervenções devem ser então comunicados intensivamente dentro da empresa, associando a isso treinamentos para conscientização de trabalhadores e gestores. Ou seja, o conhecimento sobre os benefícios financeiros de uma intervenção ergonômica é crítico para os empregadores, seguradores e fiscalizadores, e o estudo de avaliação de uma intervenção deveria sempre incluir uma análise econômica no seu plano de avaliação (Tompa *et al.*, 2009).

É importante considerar a perspectiva dos *stakeholders* (empregados, empregadores, seguradoras e governo) em relação aos investimentos na prevenção de problemas ocupacionais. Em alguns países as empresas não se interessam muito em investimentos na saúde e segurança do trabalho, pois parte dos custos desses problemas são de responsabilidade de seguradoras e do governo, e por isso o governo poderia liderar esforços (por exemplo, crédito e subsídios) para que os investimentos em prevenção não sofram distorções causadas por conflitos de interesse. Logo, vender Ergonomia será relacionado a uma ação importante, e irá combinar a análise econômica de intervenções com políticas públicas de incentivo a prevenção (Cherniack; Lahiri, 2010).

No resultado do presente estudo foi possível observar que a forma de quantificação utilizada para mensurar o impacto financeiro de intervenções ergonômicas varia bastante e enfrenta importantes barreiras. Independentemente das barreiras que dificultam ou impedem o cálculo, a falta de uma padronização mínima dos indicadores a serem considerados parece ser uma das maiores lacunas nesse campo.

5. DIREÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Este artigo revela algumas barreiras na quantificação de benefícios econômico-financeiros de intervenções ergonômicas. Como direcionamento para pesquisa futura, existe a necessidade de novas abordagens que possam facilitar os cálculos mencionados, tanto no âmbito de pesquisa quanto de prática produtiva. As abordagens utilizadas pelos autores para suplantar as dificuldades são:

- Uso racional de informações disponíveis na empresa
- Simulações por computador, como uma forma de extrapolar um problema por um longo período de tempo
- Aceitação de valores estimados ou dados aproximados quando está se trabalhando com situações conhecidas na empresa
- Associação de diferentes abordagens de avaliação
- Abordagens de acompanhamento de ambiente de trabalho
- Utilização de análises de custo-efetividade quando é difícil de obter os benefícios de forma quantitativa
- Registro efetivo de informações sobre custos ergonômicos
- Uso de dados sobre custos ocupacionais obtidos em comitê de compensação dos trabalhadores, se existir
- Evitar cálculos baseados somente em salários ou taxas salariais
- Considerar sistematicamente os benefícios econômico-financeiros e desenvolvimentos futuros de métodos de análise padronizados

REFERÊNCIAS

- Aarås, A. (1994). The impact of ergonomic intervention on individual health and corporate prosperity in a telecommunications environment. *Ergonomics*, 37(10), 1679-1696.
- Abrahamsson, L. (2000). Production economics analysis of investment initiated to improve working environment. *Applied Ergonomics*, 31, 1-7.
- Alexander, D.C., ; Albin, T. J. (2003). Economic justification of the ergonomics process. In: Karwowski, W., Marras, W. S. *Occupational Ergonomics: Design and Management of Work Systems*. New York: CRC Press.
- Andersson, E. R. (1992). Economic evaluation of ergonomic solutions: Part I - Guidelines for the practitioner. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 10, 161-171.
- Audrey, N., Matz, M., Chen, F., Siddharthan, K., Lloyd, J., ; Fragala, G. (2006). Development and evaluation of a multifaceted ergonomics program to prevent injuries associated with patient handling tasks. *International Journal of Nursing Studies*, August, 43(6).
- Beevis, D. (2003). Ergonomics - costs and benefits revisited. *Applied Ergonomics*, 34, 491-496.
- Beevis, D., ; Slade, I. M. (2003). Ergonomics - costs and benefits. *Applied Ergonomics*, 34, 413-418.
- Brouwer, W.B.F., van Exel, N.J.A., Koopmanschap, M.A., ; Rutten, F.F.H. (2002). Productivity costs before and after absence from work: as important as common? *Health Policy*, 61, 173-187.
- Carrivick, P. J. W., Lee, A. H., Yau, K. K. W., ; Stevenson, M. R. (2005). Evaluating the effectiveness of a participatory ergonomics approach in reducing the risk and severity of injuries from manual handling. *Ergonomics*, 48(8), 907-914.
- Cherniack, M.; Lahiri, S. (2010). Barriers to implementation of workplace health interventions: an economic perspective. *JOEM*, 52, 9, 934-942.
- Chhokar, R., Engst, C., Miller, A., Robinson, D., Tate, R. B., ; Yassi, A. (2005). The three-year economic benefits of a ceiling lift intervention aimed to reduce healthcare worker injuries. *Applied Ergonomics*, 36, 223-229.
- Collins, J.W., Wolf, L., Bell, J., ; Evanoff, B. (2004). An evaluation of a 'best practices' musculoskeletal injury prevention program in nursing homes. *Injury Prevention*, 10.
- Dahlén, P., ; Wernersson, S. (1995). Human factors in the economic control of industry. *International journal of industrial ergonomics*, 15, 215-221.

Dempsey, P. G., ; Hashemi, L. (1999). Analysis of workers' compensation claims associated with manual materials handling. *Ergonomics*, 42(1), 183-195.

Driessen, M. T., Anema, J. R., Proper, K. I., Bongers, P. M., ; van der Beek, A. J. (2008). Stay@work: participatory ergonomics to prevent low back and neck pain among workers: design of a randomized controlled trial to evaluate the (cost-)effectiveness. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9(145).

Dul, J., ; Neumann, W. P. (2009). Ergonomics contributions to company strategies. *Applied Ergonomics*, 40, p. 745–752

Engst, C., Chhokar, R., Miller, A., Tate, R. B., ; Yassi, A.(2005). Effectiveness of overhead lifting devices in reducing the risk of injury to care staff in extended care facilities. *Ergonomics*, 48(2), 187-199.

European Agency for Safety and Health at Work. (2010). OSH in figures: Work-related musculoskeletal disorders in the EU - Facts and figures. European Risk Observatory Report.

European Research Report (*Fundação Europeia*). (1997). Preventing absenteeism at the workplace. “*A prevenção do absentismo no trabalho*”. European foundation for better life and work conditions: Luxemburg.

Falck, A. C., Örtengren, R., ; Högberg, D. (2010). The impact of poor assembly ergonomics on product quality: a cost-benefit analysis in car manufacturing. *Human Factors and Ergonomics in manufacturing & Service Industries*, 20(1), 24-41.

Falck, A. C., Örtengren, R., ; Högberg, D. (2008). The influence of assembly ergonomics on product quality and productivity in car manufacturing – a cost-benefit approach. Proceedings of the 40th annual Nordic Ergonomic Society Conference, Reykjavik, Iceland, August 11-13.

Goetzel, R. Z.; Long, S. R.; Ozminkowski, R. J.; Ronald, J.; Hawkins, K.; Wang, S.; Lynch, W. (2004). Health, Absence, Disability, and Presenteeism Cost Estimates of Certain Physical and Mental Health Conditions Affecting U.S. Employers. *Journal of Occupational ; Environmental Medicine*, 46, 4, 398-412.

Gold, M. R.; Siegel, J. E.; Russel, L. B., Weinstein, M. C. (1996). Cost-effectiveness in health and medicine. Oxford University Press, Oxford.

Goossens, M. E. J., ; Evers, S. M. A. A. (1997). Economic evaluation of back pain interventions. *J Occup Rehabil*, 7(1), 15-32.

Grozdanovic, M. (2001). A framework for research of economic evaluation of ergonomic interventions. *Economics and Organization*, 1(9), 49-58.

Hemp, P. (2004). Presenteeism: at work – but out of it. *Harvard business review*, october.

Hendrick, H. (2003). Determining the cost-benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success. *Applied Ergonomics*, 34, 419-427.

Hendrick, H. (1996). Good ergonomics is good economics. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, Santa Monica, CA.

Jenkins, S., ; Rickards, J. (2001). Justifying investments in ergonomics - pre-intervention. SELF-ACE Conference – Ergonomics for changing work.

Kerr, M. P., Knott, D. S., Moss, M. A., Clegg, C. W., ; Horton, R. P. (2008). Assessing the value of human factors initiatives. *Applied Ergonomics*, 39, 305-315.

Kim, P., Hayden, J. A., ; Mior, S. A. (2004). The cost-effectiveness of a education program for firefighters: a case study. *Journal of Canadian Chiropractic Association*, 48(1), 13-19.

Kirwan, B. (2003). An overview of a nuclear reprocessing plant human factors programme. *Applied Ergonomics*, 34, 441-452.

Koningsveld, E. A. P., Dul, J., Van Rhijn, G. W., ; Vink, P. (2005). Enhancing the impact of ergonomic interventions. *Ergonomics*, 48(5), 559-580.

Koopmanschap, M. A.; Rutten, F. F. H.; van Ineveld, B. M.; van Roijen, L. (1995). The friction cost method for measuring indirect costs of disease. *Journal of Health Economics*, 14, 171-189.

Koopmanschap, M. A.; c (1992). Towards a new approach for estimating indirect costs of disease. *Social science and medicine*, 34, 1005-1010.

Labriola, M., Feveile, H., Christensen, K. B., Stmyer, J., ; Lund, T. (2009). The impact of ergonomic work environment exposures on the risk of disability pension: Prospective results from DWECS/DREAM. *Ergonomics*, 52(11), 1419-1422.

Lahiri, S., Gold, J., ; Levenstein, C. (2005). Estimation of net-costs for prevention of occupational low back pain: three case studies from the US. *American Journal of Industrial Medicine*, 48, 530-541. (a)

Lahiri, S., Markkanen, P., ; Levenstein, C. (2005). The cost effectiveness of occupational health interventions: preventing occupational back pain. *American Journal of Industrial Medicine*, 48, 515-529. (b)

Lahiri, S., Levenstein, C., Nelson, D. I., ; Rosenberg, B. J. (2005). The cost effectiveness of occupational health interventions: preventing of silicosis. *American Journal of Industrial Medicine*, 48, 503-514. (c)

Lischeid, W.E., ; Roy, D. J. (2003). The cost benefit of ergonomics: a corporate perspective. In: Karwowski, W., Marras, W. S. *Occupational Ergonomics: Design and Management of Work Systems*. New York: CRC Press.

Liu, H., Hwang, S. L., ; Liu, T. H. (2009). Economic assessment of human errors in manufacturing environment. *Safety Science*, 47, 170-182.

Lowe, G. S. (2003). Healthy workplaces and productivity: a discussion paper. *Healthy Workplaces and Productivity*.

Mital, A., ; Ghahramani, B. (1994). The injury profile of a large telecommunication company: a statistical summary. *Ergonomics*, 37(10), 1591-1601.

Morgan, A., ; Chow, S. (2007). The economic impact of implementing an ergonomic plan. *Nursing economics*, 25(3), 150-156.

Nelson, N. A., ; Hughes, R. E. (2009). Quantifying relationships between selected work-related risk factors and back pain: A systematic review of objective biomechanical measures and cost-related health outcomes. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39, 202-210.

Riel, P. F.; Imbeau, D. (1997). The economic evaluation of an ergonomic investment for preventive purposes: a case study. *Journal of Safety Research*, 28, 3, 159-176.

Rikhardsson, P. M. (2005). Accounting for health and safety costs: review and comparison of selected methods. In: S. Schaltegger, M. Bennett and J.J. Bouma (eds).

Rikhardsson, P. M. (2003). Health and safety management accounting: what do occupational accidents really cost? Working paper, www.asb.dk/saca.

Rowan, M., ; Wright, P. C. (1994). Ergonomics is good for business. *Work Study*, 43(8), 7-12.

Schneider, M. F. (1985). Ergonomics and economics. *Office Ergonomics*, May/June.

Schneider, S. (1998). Ergonomic intervention has a return on investment of 17 to 1. *Appl. Occup. Environ Hyg*, 13(4), 212-213

Seeley, P. A., ; Marklin, R. W. (2003). Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility. *Applied Ergonomics*, 34, 429-439.

Sommerich, C. M. (2003). Economic analysis for ergonomics programs. In: Karwowski, W., Marras, W. S. *Occupational Ergonomics: Design and Management of Work Systems*. New York: CRC Press.

Spiegel, J. Yassi, A., Ronald, L., Tate, R., Hacking, P., ; Colby, T. (2002). Implementing a resident lifting system in an extended care hospital: demonstrating cost-benefit. *AAOHN Journal*, March, 50(3).

Stamper, M. T. (1987). Good health is not for sale. *Ergonomics*, 30(2), 199-206.

Tompa, E., Dolinschi, R., Oliveira, C., Amick III B. C., Irvin, E., 2009. A systematic review of workplace ergonomic interventions with economic analyses. *Journal of Occupational Rehabilitation*, Nov.

Vink, P., Miedema, M., Koningsveld, E., ; van der Molen, H. (2002). Physical effects of new devices for bricklayers. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 8(1), 71-82.

Wallin, L. (1987). Modification of work organization. *Ergonomics*, 30(2), 343-349.

Yeow, P. H. P., ; Sen, R. N. (2006). Productivity and quality improvements, revenue increment, and rejection cost reduction in the manual component insertion lines through the application of ergonomics. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36, 367-377.

ARTIGO 2

**DIFICULDADES PRÁTICAS DA ANÁLISE DE BENEFÍCIO-CUSTO DE
UM PROJETO ERGONÔMICO EM SETOR DE MONTAGEM**

DIFICULDADES PRÁTICAS DA ANÁLISE DE BENEFÍCIO-CUSTO DE UM PROJETO ERGONÔMICO EM SETOR DE MONTAGEM

1. INTRODUÇÃO

A Ergonomia e suas diversas vertentes, no campo da saúde e da segurança do trabalho, suscitam pesquisas e discussões sobre sua aplicação em indústrias de todos os tipos. No entanto, os ganhos com essas aplicações são contabilizados através de melhorias em indicadores de produção, administrativos ou de saúde ocupacional. A inserção do fator custo neste contexto vem sendo discutida e exemplos de benefícios financeiros de projetos ergonômicos já foram mostrados como no trabalho de Stanton e Baber (2003).

Estudos de caso com esta perspectiva financeira são exemplos da aplicação da Ergonomia. Neste âmbito, Looze et al. (2010) analisaram um projeto ergonômico realizado em uma fábrica de equipamentos de iluminação de emergência que custou 141.210,00 euros, obtendo benefícios operacionais calculados em 247.763,00 euros, sem contar os benefícios de saúde ocupacional. Outros tantos exemplos, como os de Seeley et al. (2003), Sen e Yeow (2003) e Chokkar et al. (2005), seguem a mesma lógica da divulgação de projetos bem sucedidos não apenas sob o ponto de vista técnico, mas também que possibilitaram reduções de perdas financeiras relevantes nas empresas onde foram empregados.

Para que esse tipo de análise dos benefícios de um projeto ergonômico seja realizada são necessárias também informações sobre os custos de problemas ocupacionais da empresa. Entretanto, é comum observar que na prática empresarial estas informações não estejam disponíveis, impossibilitando uma análise condizente com a realidade da empresa e que possa efetivamente estimar os benefícios em termos financeiros. Na pesquisa de Silva et al. (2012), são apresentadas as principais barreiras que impedem o acesso à essas informações, como por exemplo, o custo das informações, a multifatorialidade de problemas ocupacionais, o bloqueio de informações e a falta de métodos de mensuração.

Neste contexto, ressalta-se a necessidade da análise desta perspectiva financeira além das análises e intervenções técnicas. O objetivo do presente artigo é verificar, através de um estudo de caso com abordagem qualitativa, em um setor de montagem metal mecânico, quais são as dificuldades que impedem a quantificação dos benefícios financeiros de um projeto ergonômico.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para atender ao objetivo do presente artigo, foi realizado um estudo de caso com abordagem participante (Yin, 1994). O setor alvo da pesquisa foi o setor de montagem de uma indústria metal-mecânica, incluindo a participação de gestores da empresa e supervisores do setor. Para a estruturação da pesquisa foram realizadas três etapas sucessivas.

Primeiramente, foi realizada a etapa denominada de Análise da Demanda. Esta caracterizada por uma reunião para a apresentação do tema de pesquisa e os objetivos desta com gestores dos principais setores da empresa, possibilitando a identificação do setor alvo. Após a definição desses gestores sobre a escolha do setor, considerando principalmente critérios relacionados a problemas ocupacionais (saúde, segurança e produtividade), foi identificado um supervisor do setor para repassar as informações pertinentes. Também foi realizada coleta de informações documentais sobre o setor, tais como: absenteísmo, horas trabalhadas e perdas e custos administrativos.

A segunda etapa – Observação das Condições Ergonômicas – se caracterizou por uma análise sobre as principais condições ergonômicas de trabalho, sendo utilizada a Observação Direta (Drury, 1995) do processo produtivo e das principais condições de trabalho. Essa observação foi efetuada presencialmente pelo pesquisador durante duas visitas ao setor durante o período de realização deste estudo e se focou no *layout* de máquinas, espaço do ambiente de trabalho, modo operatório, principais ferramentas, entre outros. Além da observação, a etapa também contou com uma entrevista semi-estruturada com o supervisor do setor. Os tópicos abordados foram relativos aos riscos ergonômicos, problemas

gerais de ordem ocupacional, necessidades mais urgentes de melhorias e suas respectivas sugestões, caso existissem.

Com base nos dados obtidos, foi realizada a etapa denominada de Identificação das capacidades de quantificação financeira dos projetos. Para tal, foi realizada uma reunião utilizando a metodologia de Grupo Focado (Oliveira e Freitas, 1998), sendo os participantes os mesmos gestores da etapa de Análise de Demanda, bem como supervisor do setor alvo. Foi realizada uma reunião com os gestores e mediada pelo pesquisador, na qual o foco da discussão foi baseado nas condições ergonômicas observadas e nos problemas e projeto de melhoria relatados pelo supervisor anteriormente. Os dados levantados na reunião foram transcritos e permitiram um esboço de projeto de melhoria a ser desenvolvido, cabendo ainda ressaltar que a finalidade deste projeto não foi somente a realização de intervenções de melhoria na prática, mas também das possibilidades existentes na empresa para viabilizar a quantificação financeira dos eventuais benefícios.

3. RESULTADOS

3.1 Análise da demanda

A reunião com os gestores permitiu selecionar o setor alvo, a montagem, como sendo o setor com maiores possibilidades de análises.

3.1.1 Descrição da empresa e do setor alvo

A empresa que participou desta pesquisa faz parte da indústria metal-mecânica, e sua unidade escolhida para esta pesquisa localiza-se no sul do Brasil. A unidade possui mais de dois mil trabalhadores, funcionando em três turnos e com a maior parte da sua produção voltada para a exportação. Os critérios de escolha utilizados foram de quantidade de trabalhadores e de condições de trabalho mais desfavoráveis. O setor de montagem foi o escolhido, por possuir 200 trabalhadores e processo com características de alta repetitividade durante a realização das principais tarefas. O principal objetivo do setor é realizar a montagem do produto final, caracterizando-se pela recepção dos conjuntos de peças e entrega dos produtos acabados e prontos para testes finais de qualidade.

A quantidade de dias perdidos de trabalho no último ano no setor de montagem foi de quase 40 dias (714,40 horas) com afastamentos por motivos de saúde, considerando que no mês de novembro estavam previstas 40.679,09 horas para o setor de montagem. No último ano, o *turnover* no setor de montagem seguiu a média da empresa, que foi de 0,46%. No que concerne ao custo de treinamentos de novos trabalhadores, que ingressam no setor de montagem, o último registro apontou para a cifra de R\$2.283,60. Já o custo de processos administrativos (processos de folha de pagamento e de seleção) relacionados a novas contratações nesse setor foi de R\$ 2.436,00 para cada contratação de um auxiliar de montagem, sendo esta a função mais contratada.

3.2 Observação das condições ergonômicas

3.2.1 Observação direta

Sua localização situa-se em área fechada e climatizada, sendo organizado em células de produção com bancadas de sete trabalhadores em cada. O ruído ambiental é proveniente do uso de ferramentas manuais como pequenas lixadeiras e martelos de borracha, de forma que os níveis de ruído não ultrapassem os limites de segurança (conforme o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais da empresa – PPRA). A principal característica das tarefas desenvolvidas no setor é a condição de trabalho totalmente manual.

3.2.2 Entrevista com supervisor do setor

A entrevista com o supervisor teve lugar em sala de reunião do setor produtivo. Nela estavam presentes o pesquisador e o entrevistado. Os resultados foram registrados em áudio digital e posteriormente transcritos. A análise dos dados obedeceu aos critérios de análise de conteúdo propostos por Bardin (2005). Os tópicos abordados e os principais resultados obtidos foram organizados e resumidos como segue.

Q1: Atualmente, quais os riscos ergonômicos no setor de montagem?

- A escolha do setor de montagem para a pesquisa faz sentido, pois lá o trabalho é diretamente manual, além do número elevado de pessoas que possui. O trabalho dos montadores é manual e repetitivo, não se consegue fugir da rotina de montagem que é sempre a mesma. É difícil de trocar um trabalhador de função, pois ele acaba caindo em outra função de montagem, e o esforço é sempre o mesmo durante todo o turno. A nossa produção só depende da mão dos montadores, já em outros setores existe o trabalho com as máquinas (programação, que permite a pausa enquanto a máquina trabalha), e a possibilidade de troca de função ou pausa quando há sobrecarga física. Hoje os maiores problemas de saúde envolvem lesões de ombro e de tendinite de membros superiores. Apesar disso, uma reclamação frequente é sobre a baixa qualidade (ou a não conformidade) das peças que recebem, pois isto torna o esforço e o tempo de processamento muito maior. Muitas peças que deveriam ser apenas encaixadas no produto passam a precisar de correções que não deveria existir, como desbaste de arestas ou mesmo marteladas para amaciar o encaixe. E isto gera uma quantidade considerável de retrabalho, que acaba sobrecarregando os trabalhadores.

- O tipo de produto também é um dos fatores que geram problemas. Alguns produtos são tão grandes e complexos que dificultam ainda mais a montagem e atrasam o fluxo de produção. O montador tem um limite de tempo para montar cada produto, mas se ele não recebe uma peça a sequência de montagem é atrasada. Quando recebe a peça, ele é obrigado a montar em um ritmo acelerado. Nesta situação é comum a geração de sucata e desperdício de ferramentas e peças, pois ele é obrigado a ajustar e montar em um tempo muito menor do que o previsto. Ou seja, torna-se um problema de saúde e de qualidade ao mesmo tempo.

Q2: O que existe para prevenir esses problemas?

- Existe a prática de ginástica laboral na empresa, com dez minutos por turno. Mas a adesão dos trabalhadores vem diminuindo. Como existe a dificuldade da qualidade das

peças, um esforço muito grande para fechar as metas de produção é necessário, logo o trabalhador não quer perder aquele tempo para não atrasá-lo ainda mais.

- Existe também o rodízio dentro da linha, pois alguns postos são diferentes. Entretanto isso é bastante restrito, pois apesar de serem tarefas diferentes de montagem é sempre um trabalho manual que ele executa, logo o rodízio não tem um impacto de prevenção sob a carga física do trabalhador.

Q3: Quais as características de absenteísmo e de turnover (rotatividade) no setor de montagem?

- Dentro do setor de montagem são atualmente 203 trabalhadores, e esse número parece suficiente. Os problemas de absenteísmo se caracterizam por atestados para afastamento, as faltas sem justificativa e acidentes não relacionados ao trabalho, como por exemplo, acidentes de motocicleta. Esses últimos são tão comuns que chegam a ocorrer semanalmente, em sua maioria lesões leves que afastam o trabalhador de sua função durante alguns dias, mas há também casos mais graves incluindo trabalhadores internados em estados de coma.

- Apesar desses acidentes externos à empresa serem relevantes, o número de afastamento por lesão ocupacional ainda é o maior problema enfrentado no setor. A falta desses trabalhadores impacta no processo produtivo e acaba sobrecarregando os demais. O grupo de trabalho, então com uma quantidade menor do que a necessária busca compensar a produção. E isso é mais uma causa para o ritmo acelerado e a baixa adesão a programas de prevenção, como a ginástica laboral.

Q4: Quais são as necessidades mais urgentes em relação à Ergonomia no setor de montagem?

- Existe uma necessidade de demonstrar para os montadores a importância da conservação de suas ferramentas, evitando o desgaste e a perda delas. Quando uma ferramenta quebra, é comum que ele “roube” a ferramenta da bancada de outro trabalhador. Na troca de turnos é comum um supervisor entregar o setor para o próximo com ferramentas quebradas, o que gera reclamações e prejudica os montadores do próximo turno. O sistema

do setor prevê ferramentas sobressalentes, mas isso não funciona perfeitamente e gera esse tipo de problema.

- A empresa já testou diversos modelos de cadeiras, mas existe o problema do seu desgaste rápido. Em torno de 90% dos montadores trabalham sentados, e, segundo o supervisor, as possíveis melhorias nas condições da bancada de montagem teriam impacto apenas visual, pois seus problemas não estão relacionados com condições dos postos de trabalho.

Q5: Quais as suas sugestões de melhoria para o setor de montagem?

- A redução drástica no número de peças não conformes, a entrega destas peças nos horários estabelecidos e treinamentos técnicos para os trabalhadores do setor são fatores que provavelmente melhorariam muito o trabalho no setor de montagem.

- Se tratando dos treinamentos técnicos necessários, busca-se que o próprio montador tenha um conhecimento melhor do seu produto. A experiência de cada montador varia de poucos meses até 30 anos de empresa, a taxa de turnover obriga um ensinamento contínuo para os novos trabalhadores. O trabalhador experiente resolve problemas rapidamente, já os mais novos têm muita dificuldade e o esforço físico é bem maior. Outro benefício de treinamentos como esse seria a melhor conservação das ferramentas.

3.3 Identificação das capacidades de quantificação financeira dos projetos

A identificação das capacidades de quantificação financeira dos projetos foi realizada através de uma reunião com os gestores em forma de grupo focado. Nela, partindo da análise ergonômica do setor de montagem e da entrevista com o supervisor, algumas sugestões de melhoria foram organizadas em formato de projeto de intervenção e apresentadas ao grupo de gestores para a discussão. Considerando o objetivo do artigo, o projeto completo não será apresentado aqui por seu tamanho e complexidade. Como exemplificação, alguns aspectos de melhoria das condições do ambiente do trabalho foram projetados, bem como alteração de

layout do setor. As principais mudanças propostas, entretanto, dizem respeito aos postos de trabalho. Visando a redução de erros, a melhoria da exigência postural e uma maior flexibilidade de instrumentação, as bancadas de trabalho e as tarefas foram alteradas.

Os principais pontos discutidos durante o grupo focado, que envolveu gestores da empresa e o pesquisador foram organizados e resumidos, sendo apresentados a seguir.

3.3.1 Dificuldades na análise de benefício-custo do projeto ergonômico

A principal causa das dificuldades na quantificação dos benefícios de projetos ergonômicos, como esse apresentado, foi identificada de comum acordo como sendo a quantidade insuficiente de informações que possam representar esses ganhos. Projetos de outras áreas de interesse conseguem justificativas econômico-financeiras mais tangíveis, e que facilita muito a sua aprovação. Por exemplo, em ocasiões onde há necessidade de aumento de produtividade ou redução de tempo de processamento em determinados conjuntos de máquinas, cálculos de benefícios desses projetos são realizados e seus resultados justificam o investimento. Quando as necessidades de melhoria têm a perspectiva da Ergonomia esse cálculo de benefícios - e conseqüentemente a justificativa do investimento - não é simples de realizar. Apesar de se conhecer os altos custos de autuações e interdições de máquinas, faltam na empresa registros de saúde como prevalências de queixas de dor, doenças ocupacionais e sua relação com as tarefas desenvolvidas. Além disso, o retrabalho que existe realmente não é quantificado nem custeado. Logo, os custos que poderiam justificar projetos em Ergonomia acabam sendo somados nos custos gerais da empresa e não são conhecidos separadamente.

3.3.2 Visão da Ergonomia

No grupo focado, também ficou evidente a total descrença que muitos tomadores de decisão têm em relação à Ergonomia e seus benefícios produtivos. Eles não acreditam que melhores condições de trabalho possam gerar maior produtividade ou qualidade, mesmo com

tantas indicações positivas de pesquisas nessa área. Na sua visão, apenas evoluções na tecnologia de máquinas e processos têm a possibilidade de aumentar ou melhorar a produção da empresa.

Todavia, pode-se perceber que os gestores possuem um ponto de vista baseado apenas em situações da própria empresa. Por exemplo, alguns meses após uma melhoria nas condições de trabalho no setor de montagem (refrigeração da sala), novas reclamações e problemas surgiram. Logo, eles passaram a acreditar que existe um processo de acomodação, onde após uma melhoria desse tipo os trabalhadores começam a reclamar de outro fator de desconforto. Além disso, eles mencionam situações pontuais e citam exemplos de trabalhadores antigos que se expõem a condições ergonômicas desfavoráveis, mas que nunca se afastaram por doença.

Quando se discutiu os custos por problemas de saúde, a perspectiva apresentada foi de que se tratava de fatores relevantes para o encarecimento da mão de obra da empresa. Como um exemplo ilustrativo, pode-se citar a simulação de melhorias nas condições de trabalho no setor de montagem sob a perspectiva dos gestores. O setor de montagem possui atualmente 200 profissionais trabalhando com alta repetitividade de movimentos, produzindo 1.350 produtos por dia e com muitos problemas de saúde ocupacional, absenteísmo e custos legais. Se fosse possível reduzir as causas desta alta repetitividade de movimentos, a empresa provavelmente demitiria 30 ou 40 trabalhadores do setor, mantendo a produção diária e os custos por problemas de saúde, absenteísmo e legais. Ou seja, essa mudança proporcionaria redução nos custos de salários e encargos, mas em nada alteraria o custo das perdas relacionadas aos problemas que estavam sendo tratados, mesmo que estes sejam potencialmente maiores do que os custos da mão de obra.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O presente artigo apresentou um caso prático de um local de trabalho com demanda de projetos de melhoria ergonômica. Através de observação direta e entrevista com o supervisor

desse setor, muitos problemas passíveis de soluções ergonômicas foram verificados. Eles incluem condições de trabalho desfavoráveis como alta repetitividade, falta de ferramentas adequadas, falta de treinamento, postos de trabalho com *layout* pouco adaptados, entre outros.

A possibilidade da quantificação financeira de perdas relacionadas a esses riscos, bem como a identificação de possíveis benefícios provenientes de um projeto de melhoria, foram discutidas com gestores da empresa estudada. Neste âmbito, a perspectiva dos tomadores de decisão da empresa é de que projetos de melhoria ergonômica não são suficientes para produzir benefícios financeiros, a partir de aumento de produtividade ou qualidade de produtos. Ao mesmo tempo, eles confirmam a existência de perdas financeiras relacionadas a problemas de saúde ocupacional e que poderiam ser reduzidas, mesmo que os custos desses problemas não sejam conhecidos. Considerando essas duas afirmações, e conhecendo a possibilidade de benefícios em diversos aspectos que a literatura científica sobre a Ergonomia apresenta (Looze et al., 2010, Seeley e Marklin, 2003, Sen e Yeow, 2003), uma estratégia que se evidencia para a resolução das dificuldades encontradas é a aplicação prática e gradual de indicadores.

Foi possível observar também que a ausência de uma cultura de prevenção pode ser um impedimento muito maior do que a própria falta de informações para a análise financeira desses projetos. Uma possível solução que deveria ser pesquisada é a alternativa de projetos pilotos para empresas com pouca ou nenhuma ação ergonômica realizada.

Através dos resultados, verificou-se que barreiras como o custo e a ausência de informações são de fato determinantes para o não sucesso de projetos ergonômicos, conforme indicado por Silva et al. (2012). Além disso, componentes socioeconômicos como a pressão por produtividade e a falta de interesse na melhoria das condições de trabalho se tornam fatores de impedimento complementares a essas barreiras (Grozdanovic, 2001).

Como conclusão, a realização da análise dos benefícios financeiros de projetos ergonômicos necessita de informações de base, como os custos por problemas ocupacionais da empresa. Estas informações podem não estar disponíveis, o que impossibilita a realização da análise, bem como a justificativa econômica envolvida. O presente artigo verificou que,

além disso, algumas características do local de trabalho que demandam soluções ergonômicas devem ser consideradas na tentativa de justificar os investimentos necessários. As necessidades ergonômicas de melhoria, bem como a identificação de influências externas aos postos de trabalho, estão entre essas características.

REFERÊNCIAS

- Bardin, L. (2005). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70
- Chokkar, R.; Engst, C.; Miller, A.; Robinson, D.; Tate, R. B.; Yassi, A. (2005). The three-year economic benefits of a ceiling lift intervention aimed to reduce healthcare worker injuries. *Applied Ergonomics*, 36, 223-229.
- Drury, C. G. (1995). Methods for direct observation of performance. In: Wilson, J.R., Corlett, E.N. (Eds.), *Evaluation of Human Work—A Practical Ergonomics Methodology*. Taylor & Francis, London, p. 45–68.
- Grozdanovic, M. (2001). A framework for research of economic evaluation of ergonomic interventions. *Economics and Organization*, 1(9), 49-58.
- Looze, M. P.; Vink, P.; Koningsveld, E. A. P.; Kuijt-Evers, L.; Van Rhijn, G. J. W. (2010). Cost-effectiveness of ergonomic interventions in production. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Services*, (0), 1-8.
- Oliveira, M.; Freitas, H. M. R. (1998). Focus group – Pesquisa qualitativa: resgatando a teoria, instrumentalizando o seu planejamento. *Administração*, São Paulo, 33, 3, 83-91.
- Seeley, P. A.; Marklin, R. W. (2003). Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility. *Applied Ergonomics*, 34, 429-439.
- Sen, R. N.; Yeow, P. H. P. (2003). Cost effectiveness of ergonomic redesign of electronic motherboard. *Applied ergonomics*, 34, 453-463.
- Silva, M. P.; Amaral, F.G.; Mandagara, H.; Leso, B.H. (2012). Difficulties in quantifying financial losses that could be reduced by ergonomic solutions. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing ; Service Industries*, IN PRESS.
- Stanton, N.A.; Baber, C. (2003). On the cost-effectiveness of ergonomics – editorial. *Applied Ergonomics*, 34, 407-411.
- Yin, R. (1994). *Case study research: design and methods* (2 ed). Thousand Oaks, CA: Sage Publishing.

ARTIGO 3

**INFORMAÇÕES PARA ANÁLISE DE BENEFÍCIO-CUSTO DE INTERVENÇÕES
ERGONÔMICAS: UM MODELO CONCEITUAL**

Artigo submetido

Periódico: International Journal of Industrial Ergonomics

(Qualis A2, 2012)

A cópia da submissão encontra-se no apêndice B

INFORMAÇÕES PARA ANÁLISE DE BENEFÍCIO-CUSTO DE INTERVENÇÕES ERGONÔMICAS: UM MODELO CONCEITUAL

1 INTRODUÇÃO

A literatura científica indica que problemas ocupacionais, passíveis de redução através da Ergonomia, geram perdas financeiras às empresas muitas vezes expressivas. Pesquisadores como Beevis e Slade (2003), Hendrick (2003), Chhokar *et al.* (2005) e Tompa *et al.* (2009) estudaram situações de trabalho e, principalmente, projetos de Ergonomia sob o ponto de vista dos benefícios financeiros. Sen e Yeow (2003), em um estudo de caso sobre redesenho ergonômico de produto em uma fábrica de componentes eletrônicos na Malásia, identificaram um valor maior que \$580.000/ano em redução de perdas por refugos e retrabalhos. Já Seeley e Marklin (2003) estimaram os benefícios de uma intervenção ergonômica sobre ferramentas de trabalho em \$184.255/ano, com um período de *payback* de apenas quatro meses. Neste estudo, realizado em uma unidade geradora de energia elétrica, considerou-se apenas a redução nos custos de compensação, tratamento médico, substituições e treinamento de trabalhadores. Esses são apenas dois exemplos de projetos de intervenção ergonômica que obtiveram benefícios consideráveis, justificando facilmente seus investimentos. Segundo Andersson (1992), a quantificação de benefícios financeiros de um projeto de intervenção ergonômica é importante, pois ajuda a balizar a escolha da alocação de fundos para investimento dentre outras opções dentro de um ambiente empresarial.

O aumento das publicações, desde o ano 2003, sobre o custo-benefício da Ergonomia mostra a relevância desse assunto para a pesquisa científica, bem como para as práticas de produção manufatureira. Em contrapartida, verifica-se pouca utilização de informações financeiras relacionadas com os problemas ocupacionais que são o foco das intervenções ergonômicas. Do ponto de vista econômico, esse tipo de informação poderia ser suficiente para justificar o investimento em intervenções de melhoria nas condições de trabalho na empresa (Hendrick, 2008; Jenkins; Rickards, 2001; Rowan; Wright, 1994). Entretanto, um cálculo fidedigno, ou mesmo aproximado, dos possíveis benefícios financeiros existentes é dificultado e/ou praticamente inviabilizado por certas características, como a ausência de uma forma organizada de informações financeiras para esse fim na prática das empresas (Tompa *et al.*, 2009).

A dificuldade na tarefa de agrupar informações relevantes para identificar ou prever os benefícios financeiros de um projeto de Ergonomia é mencionada também por alguns autores (Abrahamsson, 2000; Falck *et al.*, 2010; Lahiri *et al.*, 2005 (a); Sommerich, 2003). Uma das barreiras que dificultam o cálculo desses possíveis benefícios é a falta de informações sobre problemas ocupacionais que possam justificar uma intervenção de melhoria.

Considerando a problemática abordada, o objetivo deste artigo é sintetizar as informações sobre o tema e elaborar um modelo conceitual, para apoiar e guiar a organização e a quantificação dos benefícios financeiros de intervenções ergonômicas. Isto, a partir de uma revisão da literatura, buscou responder as seguintes questões: “Como utilizar informações financeiras e não-financeiras para apoiar a quantificação dos benefícios financeiros de um investimento em intervenção ergonômica?” e “com qual lógica deveria ser organizada para que possa ser utilizada na prática empresarial dentro de um contexto de busca por melhores condições de trabalho e redução de problemas ocupacionais?”.

2 METODOLOGIA

Para atender ao objetivo do estudo foi realizada uma revisão sistemática da literatura sobre custos e benefícios financeiros relacionados às práticas da Ergonomia, de maneira a identificar o estado da arte sobre o tema. Os bancos de dados pesquisados foram Scholar Google, PubMed, Academic Search Premier, CINAHL e periódicos especializados em Ergonomia, como *Ergonomics*, *Applied Ergonomics* e *International Journal of Industrial Ergonomics*. A revisão foi baseada na busca, na língua inglesa, do termo ‘Ergonomia’ associado aos termos: ‘custos’, ‘benefícios’, ‘financeiro’ e ‘economia’.

Os estudos que não atenderam ao foco proposto (avaliações do custo energético de determinada atividade, por exemplo), que não utilizaram o custeio como um indicador de performance das intervenções de Ergonomia, ou ainda que não apresentaram a origem da informação utilizada nos cálculos financeiros foram excluídos nesse estágio. Foram rejeitados também estudos onde a visão era exclusivamente voltada para a prevenção de acidentes, sem considerar problemas como produtividade e saúde ocupacional.

Esta abordagem identificou 83 artigos, dos quais 66 foram classificados como teóricos, os quais representavam revisões ou discussões teóricas sobre o assunto. Os 17

artigos restantes foram identificados como estudos aplicados que se utilizaram de critérios financeiros para verificar o impacto de intervenções ergonômicas, como estudos de caso ou comparações entre empresas de diferentes setores. Entretanto, dois deles (Lanoie; Trottier, 1995 e Lahiri et al., 2005, (b)) se tratavam de estudos publicados mais de uma vez (Lanoie; Tavenas, 1996 e Lahiri et al., 2005, (a)), e por isso também foram excluídos do grupo, totalizando 15 estudos para análise neste artigo.

Os artigos aplicados foram revisados por três pesquisadores e as características de modelagem e informações consideradas em cada análise foram discutidas, a fim de evitar dúvidas sobre fatores específicos (diferença entre absenteísmo e perda de tempo por lesão, por exemplo) buscando um consenso em sua classificação.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS DA REVISÃO

Os 15 estudos incluídos na revisão foram utilizados para sintetizar as evidências sobre as informações (financeiras e não-financeiras) consideradas em situações de intervenção ergonômica. Na revisão também foram examinadas as principais características de contexto das intervenções. Cada item dessas características é apresentado e descrito na Figura 1.

Característica	Descrição
<i>Área de aplicação</i>	Setor industrial ou de serviço utilizado no estudo
<i>Data</i>	Ano de publicação do estudo
<i>País</i>	País onde foi realizada a pesquisa
<i>Trabalhadores</i>	Número de trabalhadores utilizados na pesquisa e/ou afetados pela intervenção
<i>Intervenção</i>	Breve descrição da intervenção ergonômica e dos artifícios de pesquisa utilizados
<i>Período</i>	Utilização de informações referentes a períodos de PRÉ-intervenção, PÓS-intervenção ou em ambos

Figura 1 - Descrição das características observadas nos estudos incluídos nesta revisão

2.2 INFORMAÇÕES DE DESEMPENHO UTILIZADAS NOS ESTUDOS DA REVISÃO

Cada uma das informações de desempenho foi extraída do grupo de estudo e separada entre informações financeiras e informações não-financeiras. Isso foi feito para evitar conflito entre as informações utilizadas como base e aquelas obtidas a partir de cálculos

financeiros. Além dessa separação, as informações foram organizadas em três categorias: aspectos produtivos, administrativos e de saúde do trabalho, de forma a facilitar a leitura e permitir trabalhar com categorias mais completas possíveis.

2.3 ORIGEM DAS INFORMAÇÕES UTILIZADAS NOS ESTUDOS DA REVISÃO

As fontes de origem das informações utilizadas em análise financeiras foram extraídas dos estudos incluídos nessa revisão e representam a forma com que as informações de medição de desempenho foram obtidas. A separação entre PRÉ-INTERVENÇÃO e PÓS-INTERVENÇÃO representa o período de origem dessas informações, ou seja, informações obtidas de uma situação de trabalho anterior ou posterior à intervenção de melhoria ergonômica.

3 RESULTADOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS DA REVISÃO

Os dados extraídos de cada um dos estudos são apresentados na Figura 2, incluindo: sua data de publicação, país de origem, área de aplicação, quantidade de trabalhadores afetados pela intervenção, uma descrição da intervenção analisada sob a perspectiva financeira e uma classificação quanto ao período de origem das informações utilizadas para analisar o desempenho das intervenções.

É possível observar na Figura 2 que as áreas de aplicação dos estudos são bastante diversas, passando por ambientes hospitalares, processamento de madeira e até aviação militar. Isso demonstra como o interesse nos benefícios financeiros de intervenções ergonômicas não se restringe a nenhum setor industrial ou de serviços e também atinge situações com um pequeno número de trabalhadores até grupos de mais de 2000 trabalhadores. Além disso, observa-se também a evolução dos estudos ao longo dos anos.

N	Referência	Área de aplicação	Data	País	Nº Trab.	Intervenção	P
1	(Aarås, 1994)	Telecomunicações	1994	Noruega	331	Redesenho de posto de trabalho e tarefa	Pré e Pós
2	(Lanoie; Tavenas, 1996)	Depósito de bebidas	1996	Canadá	605	Mudança no sistema de manutenção manual de carga, criação de comitê de discussão e treinamento	Pré e Pós
3	(Kemmlert, 1996)	Manufatura de radiadores Administração Pública Metal-mecânica Enfermaria	1996	Suécia	4	Mecanização parcial de tarefa, redesenho de posto de trabalho e tarefa	Pós
4	(Riel; Imbeau, 1997)	Manufatura de helicópteros	1997	Canadá	-	Redesenho de posto de trabalho e facilitadores mecânicos	Pré
5	(Schneider, 1998)	Seguradora	1998	Estados	72	Pequenos ajustes, treinamento e recomendações	Pré e Pós
6	(Hastings <i>et al.</i> , 2000)	Aviação militar	2000	Estados	710	Implementação de novo sistema de inspeção	Pré
7	(Seeley; Marklin, 2003)	Energia elétrica	2003	Estados	370	Mudança no tipo de ferramenta	Pré
8	(Sen; Yeow, 2003)	Montadora de circuitos	2003	Malásia	33	Redesenho de posto de trabalho e tarefa e treinamento	Pré e Pós
9	(Kim <i>et al.</i> , 2004)	Bombeiros	2004	Canadá	92	Programa de prevenção, educação e recomendações	Pré e Pós
10	(Chhokar <i>et al.</i> , 2005)	Hospital	2005	Canadá	-	Implementação de facilitadores mecânicos e treinamento	Pré e Pós
11	(Lahiri <i>et al.</i> , 2005, (a))	Processamento de madeira Sistemista automotiva Montadora automotiva	2005	Estados	2260	Redesenho de posto de trabalho, da tarefa, do ambiente e programa de treinamento	Pré e Pós
12	(Yeow; Sen, 2006)	Montadora de circuitos	2006	Malásia	31	Redesenho de posto de trabalho e tarefa e treinamento	Pré e Pós
13	(Kerr <i>et al.</i> , 2008)	Energia elétrica	2008	Inglaterra	202	Implementação de novo sistema de intranet	Pré
14	(Driessen <i>et al.</i> , 2008)	Transporte ferroviário Companhia elétrica Universidade Metal-mecânica	2008	Holanda	2076	Programa de prevenção	Pré
15	(Hughes; Nelson, 2009)	Simulação	2009	Estados	-	Programa de prevenção	Pré

Figura 2 - Dados extraídos dos estudos incluídos na revisão. Os estudos estão dispostos de forma cronológica.

Legenda: Período (P): Pré se refere à utilização de informações de origem anterior à intervenção; Pós se refere à utilização de informações de origem posterior à intervenção; Pré e Pós se refere à utilização de informações anteriores e posteriores à intervenção

Dos 15 estudos da revisão apenas um foi classificado como período Pós-intervenção. Seis estudos são Pré-intervenção e oito deles são Pré e Pós-intervenção, indicando que a maior parte considera informações de período anterior à intervenção ergonômica para a quantificação de benefícios.

3.2 INFORMAÇÕES DE DESEMPENHO UTILIZADAS NOS ESTUDOS DA REVISÃO

As informações de desempenho utilizadas foram identificadas em cada estudo da revisão, inseridas em uma lista e então agrupados conforme o enfoque que representa. Essa lista foi construída contemplando as fontes de cada informação e observações relevantes sobre sua utilização. Para integrar a lista, cada informação passou por um processo de verificação da sua relação com as intervenções ergonômicas apresentadas. Apenas as informações que representavam, mesmo que de forma indireta, os resultados das modificações no trabalho, realizadas ou projetadas, foram consideradas (informação sobre custo de retrabalho em intervenções de melhoria da tarefa, por exemplo). A revisão realizada evidenciou 17 tipos de informações nos 15 estudos aplicados, que foram utilizados para medir o desempenho de uma intervenção ergonômica. Estas foram divididas em três categorias de informações ligadas diretamente aos aspectos produtivos, administrativos e de saúde no trabalho, ilustradas na Figura 3 para informações não-financeiras e na Figura 4 para informações financeiras. As informações relativas aos dados acidentários, embora importantes, não foram encontradas nos artigos incluídos, ou seja, não foram consideradas para a realização dos estudos em foco.

Categoria da Informação não financeira	Tipo de Informação não financeira	Fonte
Ligada diretamente aos aspectos produtivos	Produtividade	1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15
	Dias perdidos de trabalho	2, 7, 9, 10, 11, 14, 15
	Produtos com erros, defeitos ou devoluções	2, 3, 8, 12, 13, 15
	Tempo de ciclo das tarefas	6, 7, 8, 12
Ligada diretamente aos aspectos administrativos	Rotatividade (turnover)	1, 3, 4, 7
	Hora-extra	3, 8
Ligada diretamente aos aspectos de saúde no trabalho	Absenteísmo por lesão ou doença	1, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 14, 15
	Perda de tempo causada por lesão ou doença	5, 7, 11, 15
	Prevalência e severidade de lesões e doenças	1, 2, 3, 4, 5, 7, 11, 14, 15
	Prevalência de dores físicas	5, 7, 9, 10, 11, 14

Figura 3 – Informações não-financeiras e os estudos que as utilizaram.

Os números correspondem aos estudos da Figura 2.

Em relação aos aspectos ou informações de ordem financeira, em especial os custos, os 15 estudos selecionados foram tabulados e as informações foram estruturadas em

categorias conforme a Figura 4. Os custos do processo produtivo calculados se utilizam de informações sobre baixa performance produtiva, falta de qualidade no processo, além de retrabalhos e refugos.

As principais informações para o cálculo dos custos ligados diretamente aos aspectos administrativos são provenientes dos desdobramentos do absenteísmo e da rotatividade de trabalhadores. O custo de compensação por afastamento (que inclui salários e outras despesas), a contratação de substitutos, os processos jurídicos e indenizações e treinamento de novos trabalhadores perfazem essas informações.

As informações utilizadas sobre custos com saúde dizem respeito, mais especificamente, às consequências de lesões e doenças ocupacionais como: custos com médicos, exames, fisioterapia, transporte, medicamentos, hospitais, além de custos potencialmente grandes como lesões permanentes ou incapacitantes.

Categoria da Informação financeira	Tipo da Informação financeira	Fonte
Ligada diretamente aos aspectos produtivos	Custo de desempenho abaixo do padrão	2, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14
	Custo de retrabalho	2, 8, 12, 13
Ligada diretamente aos aspectos administrativos	Custo de compensação por afastamento	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 14, 15
	Custo de processos administrativos de novas contratações	1, 3, 7, 13
	Custo de processos jurídicos a interdição, multas e indenizações relacionadas a doenças ou lesões	5, 7
	Custos de treinamento de novos trabalhadores	1, 3, 7
Ligada diretamente aos aspectos de saúde no trabalho	Custo de tratamento de lesão ou doença ocupacional (médico, exames, medicamentos, fisioterapia, transporte)	2, 4, 5, 7, 11, 14, 15

Figura 4 - Informações financeiras e os estudos que as utilizaram.

Os números correspondem aos estudos da Figura 2

3.3 ORIGEM DAS INFORMAÇÕES UTILIZADAS NOS ESTUDOS DA REVISÃO

Para comparar as características entre os estudos da revisão foram identificadas as lógicas de levantamento de informações pré e pós-intervenção, de forma estimada ou registrada (Figura 5). Os benefícios estimados no período de pré-intervenção representam os ganhos esperados em decorrência da intervenção; porém, consideram uma situação de

trabalho ainda sem melhorias. Já os benefícios estimados no pós-intervenção são ganhos prováveis, já considerando os resultados da intervenção.

	PRÉ-INTERVENÇÃO	PÓS-INTERVENÇÃO
Estimativa	Perdas (11, 14) Benefícios (1, 2, 4, 6, 7, 10, 11, 13, 14, 15)	Benefícios (1, 2, 3, 10, 11)
Registro	Tabelas externas (4, 5, 13, 14, 15) Registro interno (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15) Questionário (6, 7, 11, 12, 14) Entrevista (5, 8, 12)	Registro interno (1, 2, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12) Comparação (1, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 14) Feedback (2, 7, 9, 12) Questionário (1, 9, 11, 14) Entrevista (2, 3, 5, 8)

Figura 5 - Tipos de origem das informações financeiras e não-financeiras separadas pelas lógicas de pré e pós-intervenção. Os números correspondem aos estudos da Figura 2

O registro interno é a fonte de informação mais utilizada pelos estudos e, ao mesmo tempo, o que traz informações mais fidedignas sobre uma situação anterior ou posterior à intervenção de melhoria. As informações da situação anterior à intervenção podem também ter sua fonte em tabelas de referência externas, criadas por sindicatos ou associações. Já informações posteriores podem ser obtidas através de comparações com situações anteriores ou através de *feedback* de trabalhadores e até de clientes externos. Informações diretas de trabalhadores ou gestores podem ser obtidas através de entrevistas ou questionário direcionados.

4. MODELO CONCEITUAL

Baseando-se nas informações encontradas na revisão de estudos publicados sobre intervenção ergonômica, associados à análise financeira, o presente artigo buscou condensar as diferentes formas de organização da informação em um modelo conceitual que fosse capaz de guiar e apoiar a organização e a quantificação dos benefícios financeiros de intervenções ergonômicas. A construção do modelo conceitual visou uma lógica abrangente, não se limitando a determinados setores industriais nem a resolução de problemas específicos. A justificativa para a construção desse modelo conceitual reside na dificuldade de organização e, até mesmo, na falta de conhecimento sobre as informações necessárias para a quantificação

dos benefícios financeiros de uma intervenção ergonômica. Logo, o modelo se propõe a apresentar de forma organizada as informações financeiras e não-financeiras recomendadas, suas possíveis fontes e as lógicas de utilização em períodos anteriores ou posteriores à determinada intervenção de melhoria ergonômica.

4.1. RELAÇÃO ENTRE AS INFORMAÇÕES E SUAS FONTES DE ORIGEM

A Figura 6 a seguir apresenta as relações entre as fontes de origem e as informações utilizadas para quantificar os benefícios das intervenções incluídas na revisão da literatura. Da mesma forma, conforme já apresentado na revisão, as informações estão separadas entre financeiras e não-financeiras, bem como suas fontes ou origens estão classificadas e separadas entre pré e pós-intervenção.

O cruzamento entre as informações utilizadas nos estudos com suas fontes de origem pode ser útil no contexto da quantificação de benefícios financeiros de intervenções ergonômicas. Em primeiro lugar é possível saber cada tipo de informação que pode ser obtido em períodos de pré e pós-intervenção, além de conhecer exemplos de sua utilização para embasar cientificamente uma escolha numa situação real. Também é possível observar alternativas de informação e de fonte para situações que envolvam alguma dificuldade de acesso em uma empresa, por exemplo. Alguns exemplos sobre o que a Figura 6 pode trazer seriam: a possibilidade de estimar benefícios de produtividade pós-intervenção ergonômica e também de obter informações de custo de tratamento de saúde, através da utilização de tabelas externas como referência. De outra forma, pode-se depreender que não é usual a aplicação de questionários como indicador de rotatividade (*turnover*), bem como a realização de comparações de pré e pós-intervenção que incluam custos jurídicos (ex. despesas com advogados e processo judiciais trabalhistas).

Tanto no período de pré-intervenção quanto no de pós-intervenção as informações registradas pela empresa (registro interno) são a melhor alternativa, pois representam a situação real que está sendo analisada. Informações sobre produtividade e qualidade, por exemplo, são mais comuns e fáceis de serem encontradas. Porém, as informações sobre perda de tempo por lesão, por exemplo, são menos conhecidas e necessitam de correlações entre outras informações para que possam ser calculadas.

			INFORMAÇÕES NÃO-FINANCEIRAS										INFORMAÇÕES FINANCEIRAS						
			Produtividade	Dias perdidos de trabalho	Produtos com erros, defeitos ou devoluções	Tempo de ciclo das tarefas	Rotatividade (turnover)	Hora-extra	Absenteísmo por lesão ou doença	Perda de tempo causada por lesão ou doença	Prevalência e severidade de lesões e doenças	Prevalência de dores físicas	Custo de desempenho abaixo do padrão	Custo de retrabalho	Custo de compensação por afastamento	Custo de processos administrativos de novas contratações	Custo de processos jurídicos e interdição, multas e indenizações	Custos de treinamento de novos trabalhadores	Custo de tratamento de lesão ou doença ocupacional
	Lógicas	Origem																	
PRÉ INTERVENÇÃO	Estimativa	Perdas	11									14		14				14	
		Benefícios	6, 11, 13, 15	2, 10, 11, 13, 15	15	6			1, 10, 15	11, 15	2, 15	10	2, 7, 11, 13, 14	2, 13	1, 4, 7, 10, 16	1, 7, 13		1, 7	2, 4, 7, 11, 14
	Registro	Tabelas					4		4		4				4, 5, 11, 15		5		4, 5, 11, 14
		Registro interno	1, 6, 8, 12	2, 7, 9, 10	8, 12	6, 8, 12	1, 7	8	1, 5, 9, 10	5, 7	1, 2, 5, 7, 11	9, 10, 11	6, 7, 8, 12	8, 12	7, 10, 15	7	7	7	2, 7, 15
		Questionário	6, 11, 12, 14	11	12	6, 12			16, 14	11	7, 11, 14	7, 11, 14							
Entrevista	8, 12		8, 12	12		8					5								
PÓS INTERVENÇÃO	Estimativa	Benefícios	3, 11	2, 10, 11	3		3	3, 10	11	2, 3	10	2, 11	2	1, 3, 10	1, 3		1, 3	2, 11	
	Registro	Registro interno	1, 2, 3, 8, 12	2, 9, 10, 14	8, 12	8	1, 3		1, 3, 9, 10, 14		1, 2, 3, 11	9, 10, 11	8, 12	2, 12	2, 9, 10			1, 8	
		Comparação	3, 8, 12	9, 10	8, 12	12	3		1, 3, 9, 10		3, 11, 14	9, 10, 11, 14	8, 11, 14	8	10, 11, 14				11, 14
		Feedback	12	9	2, 12	7, 12			9			9							
		Questionário	11	9, 11					1, 9, 11	11	1, 11	9, 11	14		14				14
		Entrevista	3		2, 3		3	3	3, 5		3				3	3		3	

Figura 6 - Relação entre informações financeiras e não-financeiras e suas fontes de origem. Os números representam os estudos da Figura 2.

Embora os registros internos se sobressaiam como fonte importante de informação, existem também tabelas de referência externa. Estas são especificamente usadas em países que possuem empresas seguradoras que atuam como responsáveis por qualquer tipo de acidente e/ou afastamento do trabalho. Um tipo de tabela de informação externa utilizada em estudos de Ergonomia e saúde e segurança ocupacional, por exemplo, é a tabela de custos médios de compensação, que possui especificidade para diferentes setores industriais e de serviços. Trata-se de uma melhor alternativa do que recorrer a estimativas sobre a situação analisada ou seus custos relativos. De outra forma, entrevistar gestores ou utilizar questionários buscando informações sobre os custos de determinada situação de trabalho pode esbarrar na incerteza e volatilidade que essa fonte pode trazer.

4.2. LÓGICAS PARA A QUANTIFICAÇÃO DE BENEFÍCIOS

Existem três lógicas identificadas na literatura para a quantificação dos benefícios de intervenções ergonômicas. Na primeira, apenas as perdas de uma situação com necessidades de intervenção ergonômica são expostas e quantificadas para que se tenha noção sobre o prejuízo. A segunda lógica também considera as perdas, mas adiciona a isso os possíveis benefícios de redução desse prejuízo através de uma intervenção de melhoria. Por fim, a terceira lógica quantifica os benefícios posteriores e relacionados à intervenção. A segunda e a terceira lógica dependem da comparação entre as informações do período pré e pós-intervenção para que possa identificar as diferenças que, provavelmente, foram causadas pelas melhorias nas condições ergonômicas.

Além das lógicas de quantificação, existem as de caráter temporal ou lógicas temporais para a comparação entre diferentes períodos. A pré-intervenção representa uma situação anterior ao período da intervenção ergonômica através de informações escolhidas para a análise da situação de trabalho. A necessidade de uma melhoria nas condições de trabalho sob a perspectiva da Ergonomia pode ser proveniente de situações como exigência externa (fiscalização governamental ou certificação, por exemplo), ou interesse da própria empresa após a análise de um profissional qualificado. As informações escolhidas para acompanhar a situação de trabalho pré-intervenção são as mesmas que deverão ser registradas ou estimadas em um determinado período de tempo posterior à intervenção. O período de pré-intervenção é o mais importante por ter a possibilidade de justificar um investimento em intervenção ergonômica a partir de uma situação de trabalho que gera perdas. Ao mesmo

tempo é o mais difícil, pois depende de informações que nem sempre estão disponíveis e de estimativas sobre possíveis benefícios.

Independente das fontes de informação é importante considerar que as informações financeiras do período pré-intervenção representam perdas, ou seja, a quantificação de custos que não são interessantes para a empresa. Nesse sentido, existem perdas integrais que representam situações totalmente desfavoráveis como o custo de tratamento de saúde por lesão física decorrente de más condições de trabalho, por exemplo. Entretanto, existem também perdas parciais que são relacionadas com indicadores de performance mas que podem ser melhorados através de intervenções ergonômicas como a produtividade, por exemplo.

Existe uma relação de causa e efeito que precisa ser determinada. Os efeitos são as informações quantificadas no período de pré-intervenção, já as causas são características da situação de trabalho consideradas como risco pela perspectiva da Ergonomia. Logo, as medidas de intervenção devem ter como objetivo a redução e/ou controle de tais riscos, esperando que os efeitos relacionados também sejam reduzidos. Essa redução de problemas ou perdas (seja registrada ou estimada) é a base para a justificativa financeira de um investimento em intervenção ergonômica.

Uma representação gráfica do modelo conceitual é apresentada na Figura 7. Nela, existem três componentes essenciais: as informações referentes ao período anterior a uma determinada intervenção, informações acerca do investimento da intervenção e informações sobre ao período posterior à intervenção, onde pode-se obter dados para a quantificação dos benefícios.

O período de pós-intervenção, como é possível observar na Figura 7, representa a utilização de informações que permitem a quantificação dos benefícios esperados através da comparação com o período de pré-intervenção. As informações acerca dos benefícios pós-intervenção podem ser estimadas em muitos aspectos financeiros ou não-financeiros, conforme se observa nos estudos da Figura 5. Há também a lógica de que o período de pós-intervenção possua informações que sirvam para demonstrar o real benefício de uma intervenção ergonômica, criando registros sobre o assunto a facilitando a análise em situações futuras.



Figura 7 Representação gráfica do Modelo Conceitual proposto

5. DISCUSSÃO

Este artigo teve por objetivo elaborar um modelo conceitual a partir de uma revisão da literatura para apoiar a quantificação dos benefícios financeiros de intervenções em Ergonomia. Buscou-se responder as questões: “Como utilizar informações para apoiar a quantificação dos benefícios financeiros de um investimento em intervenção ergonômica?” e “de que forma essa lógica deveria ser organizada para que possa ser utilizada na prática empresarial, como leitora da situação de projeto, dentro de um contexto econômico?”.

Tompa *et al.* (2009) também realizaram uma revisão de estudos ergonômicos aplicados, entretanto com um enfoque puramente econômico, buscando apontar a validade dos investimentos em Ergonomia em empresas de diferentes setores. Os resultados indicaram que poucos estudos sobre intervenção ergonômica focam na análise de custo-benefício. Possivelmente, porque esse tipo de abordagem tem baixa prioridade na literatura científica. Entretanto, esta revisão objetivou muito mais os resultados de algumas análises de custo-benefício realizadas do que com a forma de cálculo e principalmente, quais informações relacionadas às condições de Ergonomia foram utilizadas. Diferentemente disso, o presente estudo buscou definir informações importantes para as análises de benefícios financeiros em

Ergonomia, bem como a lógica com a qual essas informações devem ser utilizadas em relação a uma intervenção de melhoria. Em geral, a utilização dessas informações de forma integrada com os sistemas de controle das empresas parece ser uma das lacunas desse assunto. Neste caso, a dificuldade de acesso às informações e do próprio custo de obtenção destas, são barreiras que impedem esse desenvolvimento (Silva et al., 2012). Além disso, fatores administrativos como um grande número de contatos, em todos os níveis da organização, são necessários para facilitar o recebimento de informações cruciais para o desenvolvimento de estudos e organização de resultados (Falck *et al.*, 2008).

Rouse e Boff (1997) questionaram a existência de uma forma para incorporar a visão financeira da Ergonomia nas tomadas de decisão dos gestores. Como hipótese para essa questão, chamaram a atenção de que saber com antecedência sobre a tomada de decisão é importante para a coleta de informações na medida em que elas acontecem, e não de forma retrospectiva. A falta de informações para alimentar essas análises pode ser um reflexo do fato de que a coleta de informações, geralmente, não acontece de forma preventiva, quando seria mais fácil e barato; mas sim, após a ocorrência de um evento como um acidente ou uma doença ocupacional, tornando-se então muito cara.

Sobre os artigos revisados, é importante que se discuta alguns achados sobre os tipos de informação extraídos dos estudos incluídos. Treze dos quinze estudos revisados utilizaram informações sobre produtividade para medir variações após intervenções ergonômicas. Esse resultado parece ser positivo, pois apesar da importância da saúde ocupacional é vital que não se perca a habilidade de justificar intervenções ergonômicas baseando-se em melhorias de performance e produtividade (Lischeid; Roy, 2003).

Entre os doze estudos que consideraram a prevalência e a severidade de lesões e doenças, alguns, como Lanoie e Tavenas (1996) e Kim *et al.* (2004) e Lahiri *et al.* (2005) serviram-se de informações mais específicas, como prevalência de lombalgia. Seeley e Marklin (2003), além disso, também se basearam em informações sobre o tempo até o início do tratamento das lesões e a quantidade de dias com trabalho restrito devido a estas lesões. Doze estudos consideraram informações sobre absenteísmo causado por lesões ou doenças ocupacionais. Desses, oito relacionaram diretamente os afastamentos com situações desfavoráveis de trabalho e passíveis de melhoria através de intervenções ergonômicas. Cabe dizer que estas características também estão inseridas no modelo conceitual proposto.

Dez estudos consideraram o custo com o tratamento de saúde por problemas passíveis de redução através de melhorias nas condições de trabalho. Entretanto esse tipo de custo é mais difundido e conhecido do que custos com produtividade. Apesar disso, onze dos estudos consideraram custos do desempenho abaixo do padrão, demonstrando que a justificativa financeira de investimentos em Ergonomia não deve ficar restrita a aspectos de saúde e segurança ocupacional. Isso corrobora com a variedade de informações propostas no modelo conceitual deste estudo.

No que concerne aos modelos de custeio para intervenções ergonômicas, o modelo de Lahiri et al. (2005, a) é um dos mais completos em termos de utilização de informações de desempenho, utilizando fontes como registro interno, estimativas e questionários. Entretanto, não segue uma lógica linear de comparação entre o período de pré e pós-intervenção. Outros modelos como o de Hastings et al. (2000) e Kerr et al. (2008) utilizam apenas algumas informações independentes disponíveis (Figura 2), mas nem sempre apresentando suas fontes de origem e, até mesmo, excluindo fatores importantes para uma quantificação mais completa de benefícios esperados após os investimentos.

O modelo conceitual proposto neste artigo é baseado em estudos aplicados e pode ser visto como um roteiro para melhor organizar e escolher as informações, suas fontes e as possíveis lógicas para a quantificação de benefícios financeiros de intervenções em Ergonomia. Um ergonomista que pretenda criar um projeto de melhoria nas condições de trabalho de determinada empresa, por exemplo, pode utilizar as listas de informações financeiras e não-financeiras deste artigo como referência para escolher os indicadores de desempenho do projeto. Além disso, pode consultar as possíveis fontes de origem dessas informações e ainda buscar uma lógica de comparação entre a situação pré e pós-intervenção, objetivando quantificar os benefícios financeiros como uma justificativa para a realização de seu projeto.

O presente modelo conceitual não propõe formas ou métodos de análise de custos associados à Ergonomia, apenas busca dar apoio para a quantificação financeira dos benefícios de uma intervenção ergonômica. A análise financeira, através de métodos reconhecidos, se inicia de fato após a determinação do investimento e dos benefícios provenientes dessa comparação entre o pré-intervenção e o pós-intervenção.

6. CONCLUSÃO

Ainda são poucas as publicações sobre Ergonomia que consideram aspectos financeiros na sua avaliação. O presente estudo listou as principais informações voltadas ao enfoque de custo encontradas em pesquisas aplicadas sobre Ergonomia. Outras revisões publicadas apresentaram também informações para os tomadores de decisão em termos de benefícios financeiros da Ergonomia ou, mais especificamente, sobre modelos de análises econômicas sobre doenças ocupacionais como as lesões lombares. De outra forma, o modelo conceitual proposto no presente artigo, de maneira inovadora, apresentou as lógicas da utilização de informações em situações específicas de estudos financeiros sobre a aplicação da Ergonomia em empresas. Tal modelo conceitual pode ser utilizado como um guia sobre as informações, fontes ou origem e lógicas, que devem ser consideradas em futuras análises financeiras de intervenções ergonômicas. A forma de aplicação do modelo conceitual e sua integração na cultura e nos sistemas de custeio das empresas são assuntos que necessitam ainda serem discutidos em pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

- Aarås, A. (1994). The impact of ergonomic intervention on individual health and corporate prosperity in a telecommunications environment. *Ergonomics*, 37, 10, 1679-1696.
- Abrahamsson, L. (2000). Production economics analysis of investment initiated to improve working environment. *Applied Ergonomics*, 31, 1-7.
- Andersson, E. R. (1992). Economic evaluation of ergonomic solutions: Part II – The scientific basis. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 10, 173-178.
- Beevis, D.; Slade, I.M. (2003). Ergonomics - costs and benefits. *Applied Ergonomics*, 34, 413-418.
- Chokkar, R.; Engst, C.; Miller, A.; Robinson, D.; Tate, R. B.; Yassi, A. (2005). The three-year economic benefits of a ceiling lift intervention aimed to reduce healthcare worker injuries. *Applied Ergonomics*, 36, 223-229.
- Driessen, M. T.; Anema, J. R.; Proper, K. I.; Bongers, P. M.; van der Beek, A. J. (2008). Stay@work: participatory ergonomics to prevent low back and neck pain among workers: design of a randomized controlled trial to evaluate the cost-effectiveness. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9:145.

Falck, A. C.; Örtengren, R.; Högberg, D. (2010). The impact of poor assembly ergonomics on product quality: a cost-benefit analysis in car manufacturing. *Human Factors and Ergonomics in manufacturing ; Service Industries*, 20, 1, 24-41.

Hastings, P. A.; Merriken, M.; Johnson, W. B. (2000). An analysis of the costs and benefits of a system for FAA safety inspections. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26, 231-248.

Hendrick, H. (2008). Determining the cost-benefits of Applying ergonomics to systems: Some documented "lessons learned". *Applied Ergonomics*, 39, 418-426.

Hendrick, H. (2003). Determining the cost-benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success. *Applied Ergonomics*, 34, 419-427.

Hughes, R.; Nelson, N. (2009). Estimating investment worthiness of an ergonomic intervention for preventing low back pain from a firm's perspective. *Applied Ergonomics*, 40, 457-463.

Jenkins, S.; Rickards, J. (2001). Justifying investments in ergonomics - pre-intervention. *SELF-ACE CONFERENCE*, 3, 12-16.

Kemmlert, K. (1996). Economic impact of ergonomic intervention - four case studies. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 6, 1, 17-32.

Kerr, M. P.; Knott, D. S.; Moss, M. A.; Clegg, C. W.; Horton, R. P. (2008). Assessing the value of human factors initiatives. *Applied Ergonomics*, 39, 305-315.

Kim, P.; Hayden, J. A.; Mior, S. A. (2004). The cost-effectiveness of a education program for firefighters: a case study. *Journal of Canadian Chiropractic Association*, 48, 1, 13-19.

Lahiri, S.; Gold, J.; Levensteins, C. (2005). Net-cost model for workplace interventions. *Journal of Safety Research*, 36, 241-255, (a).

Lahiri, S.; Markkanen, P.; Levenstein, C. (2005). The cost effectiveness of occupational health interventions: preventing occupational back pain. *American Journal of Industrial Medicine*, 48, 515-529, (b).

Lanoie, P.; Tavenas, S. (1996). Costs and benefits of preventing workplace accidents: the case of participatory ergonomics. *Safety Science*, 24, 3, 181-196.

Lanoie, P.; Trottier, L. (1995). Costs and benefits of preventing workplace accidents: going from a mechanical to a manual handling system. CIRANO, Montreal.

Lischeid, W. E.; Roy, D. J. (2003). The cost benefit of ergonomics: a corporate perspective. In: Karwowski, W., Marras, W. S. *Occupational Ergonomics: Design and Management of Work Systems*. New York: CRC Press.

Riel, P. F.; Imbeau, D. (1997). The economic evaluation of an ergonomic investment for preventive purposes: a case study. *Journal of Safety Research*, 28, 3, 159-176.

Rouse, W.B.; Boff, K.R. (1997). Assessing cost/benefits of human factors. In: Salvendy, G. Handbook of human factors and ergonomics. 2nd ed, New York: John Wiley ; Sons, Inc.

Rowan, M.; Wright, P. (1994). Ergonomics is good for business. *Work Study*, 43(8), 7-12.

Schneider, S. (1998). Ergonomic intervention has a return on investment of 17 to 1. *Appl. Occup. Environ Hyg*, 13, 4, 212-213.

Seeley, P. A.; Marklin, R. W. (2003). Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility. *Applied Ergonomics*, 34, 429-439.

Sen, R. N.; Yeow, P. H. P. (2003). Cost effectiveness of ergonomic redesign of electronic motherboard. *Applied ergonomics*, 34, 453-463.

Silva, M. P.; Amaral, F.G.; Mandagara, H.; Leso, B.H. (2012). Difficulties in quantifying financial losses that could be reduced by ergonomic solutions. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing ; Service Industries*, IN PRESS.

Sommerich, C. M. (2003). Economic analysis for ergonomics programs. In: Karwowski, W., Marras, W. S. *Occupational Ergonomics: Design and Management of Work Systems*. New York: CRC Press.

Tompa, E.; Dolinschi, R.; Oliveira, C.; Amick III B.C.; Irvin, E. (2009). A systematic review of workplace ergonomic interventions with economic analyses. *Journal of Occupational Rehabilitation*, nov.

Yeow, P.H.P.; Sen, R. N. (2006). Productivity and quality improvements, revenue increment, and rejection cost reduction in the manual component insertion lines through the application of ergonomics. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36, 367-377.

ARTIGO 4

**INFORMAÇÕES FINANCEIRAS NA GESTÃO DA ERGONOMIA E A PERCEPÇÃO
DE GESTORES BRASILEIROS E PORTUGUESES**

Artigo publicado

Periódico: Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation

41, supp. 1, 2012, 476-483

(Qualis B1, 2012)

A cópia da submissão encontra-se no apêndice C

INFORMAÇÕES FINANCEIRAS NA GESTÃO DA ERGONOMIA E A PERCEPÇÃO DE GESTORES BRASILEIROS E PORTUGUESES

1 INTRODUÇÃO

A literatura científica indica que problemas ocupacionais passíveis de redução através da Ergonomia geram perdas financeiras muitas vezes expressivas. Pesquisadores como Beevis e Slade (2003), Hendrick (2003), Chhokar et al. (2005) e Tompa et al. (2009) estudaram situações de trabalho e, principalmente, projetos de Ergonomia sob o ponto de vista dos benefícios financeiros. Em um estudo de caso sobre redesenho ergonômico de produto em uma fábrica de componentes eletrônicos na Malásia, Sen e Yeow (2003) identificaram um valor maior que \$580.000 em redução anuais de perdas por refugos e retrabalhos. Sob o ponto de vista de intervenção ergonômica, Seeley e Marklin (2003) estimaram os benefícios sobre um projeto de melhoria nas ferramentas de trabalho em \$184.255 ao ano, com um período de *payback* de apenas quatro meses. Para chegar a esta quantia o estudo, que foi realizado em uma unidade geradora de energia elétrica, considerou a redução nos custos de compensação, tratamento médico, substituições e treinamento de trabalhadores.

Do ponto de vista econômico, esse tipo de informação seria suficiente para justificar intervenções de melhoria nas condições de trabalho na empresa. Entretanto, um cálculo fidedigno, ou mesmo aproximado, dessas perdas financeiras existentes é dificultado ou praticamente inviabilizado por características organizacionais como a ausência de uma forma organizada de indicadores financeiros para esse fim (Tompa et al., 2009).

O aumento das publicações sobre o custo-benefício da Ergonomia mostra a relevância desse assunto para a pesquisa científica da área, bem como para as práticas de produção manufatureira. Ao mesmo tempo, há pouca utilização de informações financeiras relacionadas com problemas ocupacionais passíveis de redução através de investimentos em Ergonomia (Hendrick, 2008; Jenkins ; Rickards, 2001; Rowan; Wright, 1994).

Uma das barreiras que dificultam o cálculo desses possíveis benefícios é a falta de informações sobre problemas ocupacionais que possam justificar uma intervenção de melhoria (Silva et al., 2012). Esta difícil tarefa de agrupar essas informações para identificar ou prever a relação de benefício-custo de um projeto de Ergonomia, já foi mencionada por

alguns autores reconhecidos da área (Abrahamsson, 2000; Falck et al., 2010; Lahiri et al., 2005 (a); Sommerich, 2003).

Sob a perspectiva da gestão de empresas, Rouse e Boff (1997) questionaram a existência de uma forma para incorporar a visão de custo-benefício financeiro da Ergonomia nas tomadas de decisão. Como hipótese para essa questão, os autores indicam que saber com antecedência sobre a tomada de decisão é importante para a coleta de informações na medida em que elas acontecem, e não de forma retrospectiva. A falta de informações para alimentar as análises de custo-benefício da Ergonomia pode ser reflexo do fato de que a coleta de informações, geralmente, não acontece de forma preventiva quando seria mais fácil e barato, sendo cara após a ocorrência de um evento como um acidente ou uma doença ocupacional.

De acordo com o contexto explicitado, o objetivo desse artigo é identificar a utilização de informações disponíveis nas empresas que possuam gestão ergonômica para a análise de benefício-custo de intervenções em Ergonomia. De forma mais específica, o artigo pretende verificar na prática das empresas se existem ou não informações disponíveis, que permitam a análise de benefício-custo esperados de uma intervenção de melhoria ergonômica. Além disso, visa identificar se as informações de processo produtivo são relacionadas, de alguma forma, com suas condições de trabalho.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo teve seus procedimentos metodológicos organizados em duas etapas. Primeiramente realizou-se uma revisão sobre custos e benefícios econômico-financeiros relacionados às práticas da Ergonomia, de maneira a identificar o estado da arte sobre o tema. Os bancos de dados pesquisados foram Scholar Google, PubMed, Academic Search Premier, CINAHL e periódicos especializados em Ergonomia, como *Ergonomics*, *Applied Ergonomics* e *International Journal of Industrial Ergonomics*. A revisão foi baseada na busca, na língua inglesa, do termo Ergonomia associado com termos como custos, benefícios, financeiro, informações e projeto de melhoria. Os estudos que não atenderam ao foco proposto (sobre o custo energético de determinada atividade, por exemplo), ou que não são fruto de uma aplicação prática foram excluídos nesse estágio. A revisão realizada evidenciou 18 tipos de informações utilizadas em 18 estudos aplicados. Com base nas

informações utilizadas nestes estudos, sistematizou-se um *checklist*. Para isso, os tipos de informações utilizadas para verificar o desempenho das intervenções foram identificados em cada estudo da revisão, inseridos em uma lista e então agrupados conforme o enfoque que representava. Essa lista foi construída contemplando as fontes de cada informação e observações relevantes sobre sua utilização. Para integrar a lista, cada informação passou por um processo para verificar sua relação com as intervenções ergonômicas apresentadas. Apenas os indicadores que representavam - mesmo que de forma indireta - os resultados das melhorias nas condições de trabalho foram considerados, por exemplo, o indicador de custo de retrabalho em intervenções de melhoria da tarefa. A lista com as informações e seus estudos de origem é ilustrada na Figura 1.

	INFORMAÇÃO	ESTUDOS
1	Produtividade	1, 14, 8, 26, 27, 16, 19, 17, 30, 15, 12, 6, 27
2	Dias perdidos	1, 21, 26, 16, 5, 19, 17, 12, 6
3	Retrabalho, defeitos e devoluções	14, 27, 30, 12
4	Rotatividade (<i>turnover</i>)	1, 14, 22, 26
5	Hora-extra	21, 20, 14, 27
6	Tempo de ciclo	8, 27, 30
7	Absenteísmo	1, 21, 20, 14, 25, 26, 16, 5, 19, 17, 12, 6
8	Perda de tempo por lesão/doença	21, 20, 25, 26, 4, 19, 17, 12
9	Incidência e severidade de lesões	21, 20, 14, 22, 25, 26, 4, 19, 17, 12, 6
10	Prevalência de dor	20, 16, 5, 19, 17, 6
11	Custo de desempenho abaixo do padrão	1, 26, 27, 19, 17, 30, 6
12	Custo de retrabalho	27, 30
13	Custo de tratamento de lesão/doença ocupacional (médico, exames, medicamentos, fisioterapia, transporte)	21, 20, 22, 26, 16, 4, 19, 17, 12, 6
14	Custo de incapacitação total ou parcial	26
15	Custo de compensação por afastamento	1, 21, 14, 22, 26, 16, 5, 4, 19, 17, 12, 6
16	Custo de processos administrativos de novas contratações	1, 14, 26, 4, 15, 12
17	Custo de processos jurídicos a interdição, multas e indenizações relacionadas à doenças/lesões	25, 26
18	Custos de treinamento de novos trabalhadores	1, 20, 14, 26, 19, 17, 30

Figura 1 - Informações encontradas nos estudos da revisão sobre análises de benefício-custo de projetos ergonômicos. Os números na coluna da direita representam os estudos da seção de referência desse artigo. Os números na coluna da esquerda correspondem ao checklist da seção de resultados

A segunda etapa consistiu da aplicação de uma entrevista semi-estruturada, a fim de identificar a forma de utilização das informações que possam justificar investimentos em Ergonomia dentro da gestão da empresa. Ou seja, a aplicação da entrevista visou identificar como as informações evidenciadas são utilizadas na empresa, considerando a cultura local

existente em relação ao assunto discutido. Cinco questões conduziram a entrevista (Figura 2 e Figura 4) que teve o objetivo de determinar as características profissionais do respondente, sua relação com as informações do sistema produtivo e com a gestão da Ergonomia. Esta separação foi feita para facilitar o entendimento do respondente sobre o assunto. Os principais tópicos de discussão encontrados nos estudos da revisão serviram como base para as questões da entrevista. Previamente à aplicação da entrevista, o entrevistado recebeu ainda informações sobre o tema da pesquisa, seus objetivos e sua finalidade.

3 RESULTADOS

Como descrito nos procedimentos metodológicos, um *checklist* foi preparado com base em informações encontradas na revisão da literatura. Para servir como estudo de caso, duas empresas foram visitadas no primeiro trimestre de 2011, sendo aplicados os procedimentos metodológicos. Um gestor de cada empresa foi escolhido para atender a pesquisa. Após uma breve apresentação sobre o tema proposto e os objetivos dos procedimentos metodológicos, a aplicação do *checklist* foi realizada. De acordo com o reconhecimento e formas de utilização das informações do estudo na empresa, os pesquisadores marcaram com “SIM” ou “NÃO” no *checklist* e registraram comentários sobre os tópicos. Os gestores guiaram o preenchimento do *checklist* de acordo com as práticas de gestão da empresa. Logo após, a entrevista sobre os principais assuntos do estudo foi feita com os mesmos gestores. O estudo foi aplicado em uma fabricante de embalagens de vidro do Brasil, e também em uma empresa de conversão de papel localizada em Portugal.

3.1 EMPRESA FABRICANTE DE VIDRO

A primeira aplicação proposta na metodologia foi desenvolvida na planta de uma empresa fabricante de embalagens de vidro, situada no sul do Brasil. A planta estudada está ligada a uma central da empresa em outro estado, que faz a centralização dos principais indicadores e toda a gestão financeira do grupo. Esse grupo de indicadores, que é enviado para essa central, constitui as maiores preocupações dos gestores da planta. São quatro subgrupos: produtividade (rendimento, velocidade de produção e tempo de troca de produto), qualidade (refugos, retrabalhos e devoluções), segurança (acidentes com ou sem afastamento, atendimentos de saúde e ações de prevenção) e recursos humanos (absenteísmo de várias causas, rotatividade, quantidade de trabalhadores e horas extras).

Entrevista

Qual o seu cargo na empresa, experiência na área e qual sua relação com Ergonomia e SST (Saúde e Segurança do Trabalho)?

Minha função é analista de controladoria industrial. Trabalho na empresa a 4 anos e meio e não tenho contato direto com a Ergonomia.

Como as informações de saúde (do *checklist*) são utilizadas na gestão de Ergonomia e SST?

Em relação à saúde ocupacional, o médico do trabalho informa a gestão sobre os principais indicadores que ele acredita que possam ter um impacto maior na empresa. A partir daí as ações necessárias para evitar maiores problemas são desencadeadas. Esses indicadores de saúde e segurança são suficientes para nossa gestão.

Como as informações de sistema produtivo (do *checklist*) são utilizadas na gestão de Ergonomia e SST?

Em geral não existe tal relação entre indicadores produtivos com SST. Mas no caso de um indicador como a rotatividade estar muito elevado (além do esperado) busca-se investigar as suas causas.

Em sua opinião, quais as barreiras que dificultam ou impedem o cálculo das perdas financeiras provenientes de problemas relacionados à condição de trabalho?

Principalmente a falta de indicadores mais específicos setor e o fato de que a empresa apresenta os indicadores apenas para as chefias, isolando da informação os operadores do sistema.

Existe mais algum tópico que julga interessante e gostaria de relatar?

Além dos indicadores de compensação citados nesse estudo nós calculamos a massa salarial da empresa. É um somatório de custos ao longo da vida do trabalhador na empresa que inclui treinamentos, uniformes, EPIs (Equipamentos de Proteção Individual), entre outros.

Figura 2 – Descrição da entrevista com o gestor da empresa fabricante de vidro. As perguntas estão colocadas nas áreas em cinza e as respostas nas áreas em branco.

O gestor escolhido para responder à entrevista (Figura 2) atua em uma função em que tem acesso à maior parte dos indicadores da empresa e, ao mesmo tempo, administra projetos de melhoria, incluindo melhorias em condição de trabalho. O resultado da entrevista com o gestor revelou, entre outras coisas, que não faz parte da cultura da empresa acreditar que uma redução de perda financeira possa ser um benefício de um projeto de Ergonomia. Logo, informações financeiras não são utilizadas para tal finalidade.

A principal constatação que pode ser evidenciada é que muitos dos itens do *checklist* estão disponíveis na empresa. Além disso, uma característica importante é que eles geralmente correspondem ao processo produtivo como um todo, e não a uma condição de trabalho específica como um posto de trabalho.

	SIM	NÃO	COMENTÁRIOS
1	X		O cálculo do rendimento se dá pela divisão do peso de vidro vendável pelo peso do vidro fundido. Esse indicador representa a produtividade do processo produtivo como um todo, não possuindo especificidade dos setores da empresa.
2	X		São compreendidos como afastamentos do trabalho por diversos motivos.
3	X		Apesar da existência de informação sobre perdas nos setores, a empresa calcula esse indicador pela diferença entre o rendimento total esperado e o realizado. Já as informações de devoluções de produtos são consideradas um dos principais indicadores, mas depende de uma série de características técnicas para ser associado a um setor específico.
4	X		Não estratifica por setores.
5	X		Considerado nos setores produtivos onde as horas-extras foram necessárias.
6	X		Apenas em algumas tarefas.
7	X		Existe, mas a empresa não considera um problema relevante atualmente. Também existem indicadores de afastamentos por outros motivos, como questões pessoais, sociais e de saúde não ocupacional.
8		X	A empresa não considera um problema relevante atualmente.
9		X	A empresa não considera um problema relevante atualmente.
10	X		O departamento médico da empresa controla esse indicador e faz a gestão da saúde ocupacional com base nos maiores impactos observados.
11	X		Esse indicador representa as variações da produtividade do processo produtivo como um todo, não possuindo especificidade dos setores da empresa. Entretanto, os setores possuem alguns indicadores de defeitos internos que são utilizados para fazer uma relação de perdas. Além disso, a empresa não o relaciona com as possíveis alterações de desempenho dos trabalhadores por condições de trabalho ergonomicamente desfavoráveis.
12	X		Esse indicador representa o retrabalho do processo produtivo como um todo, não possuindo especificidade dos setores da planta.
13	X		A empresa não considera um problema relevante atualmente. Os custos de saúde mais utilizados são investimentos em prevenção, consultas periódicas e exames preventivos.
14	X		A empresa não considera um problema relevante atualmente.
15		X	Não é utilizado, nem é de conhecimento da empresa.
16	X		Entretanto não é considerado um indicador ligado às condições de trabalho.
17	X		
18	X		Existe e compõe um valor chamado de massa salarial. Ele considera diversos custos ligados diretamente ao trabalhador durante toda a sua vida dentro da empresa.

Figura 3 - Resultados da aplicação do checklist na empresa fabricante de vidro. Os números na coluna da esquerda representam as informações descritas na Figura 1.

3.2 PLANTA DE CONVERSÃO DE PAPEL

A pesquisa também foi implantada em uma fábrica de conversão de papel em Portugal obedecendo os mesmos procedimentos metodológicos aplicados no Brasil. A empresa portuguesa é abastecida com matérias-primas como bobinas de papel com diferentes diâmetros e larguras e algumas substâncias químicas. Um alto grau de automação está presente em toda a planta e um sofisticado sistema de Tecnologia da Informação (TI), associando as encomendas de processamento de conversão com seu sistema de planejamento

de produção, buscando um fluxo de trabalho adequado. As folhas de papel de tamanhos diferentes, devidamente embalados em caixas e paletes, são disponibilizadas para o mercado (principalmente impressoras, grandes editoras e escritórios). O sistema de gestão conta com *download* automático de configurações de máquinas de conversão e a recuperação dos dados de produção, taxas, eficiências, saída de hora em hora, custos da linha, entre outros.

Entrevista

Qual o seu cargo na empresa, experiência na área e qual sua relação com Ergonomia e SST (Saúde e Segurança do Trabalho)?

Eu sou um diretor de empresa com 30 anos de experiência que 20 era sobre a empresa. Eu sou responsável pela gestão da segurança e técnicos de saúde.

Como as informações de saúde (do *checklist*) são utilizadas na gestão de Ergonomia e SST?

Ações preventivas e corretivas, como resultado de um acidente ou uma situação de quase-acidente, são os mais comuns no ambiente de fábrica. Este tipo de informação é utilizada na gestão Ergonomia apenas em uma forma indireta. Um plano de saúde e segurança é obrigatório, todos os acidentes são totalmente analisados e as autoridades estão muito interessados em inspeções. Problemas de saúde recentes relacionadas com "LMERT" estão se tornando motivo de preocupação.

Como as informações de sistema produtivo (do *checklist*) são utilizadas na gestão de Ergonomia e SST?

As informações dos processos produtivos tem mais impacto sobre questões de segurança. Ergonomia não é ainda uma parte da nossa cultura industrial. Eu acredito que talvez no setor automotivo o ponto de vista da Ergonomia é diferente por causa das tarefas repetitivas.

Em sua opinião, quais as barreiras que dificultam ou impedem o cálculo das perdas financeiras provenientes de problemas relacionados à condição de trabalho?

Devido à frequência acidentes baixo o impacto é também baixa. O material de responsabilidade (civil ou não responsabilidade penal) seja transferida para empresas de seguros que estão começando a ficar preocupado com a situação e seu preço está ficando alto. Eles também são mais rígidos em seus padrões e pela primeira vez inspeções estão ocorrendo para investigar os acidentes, incluindo o uso testemunho para os casos graves e para evitar fraudes. A companhia de seguros tem o interesse de fazer avaliação de risco e até mesmo programas de motivação dos trabalhadores para diminuir as taxas de acidentes e custos de seguros.

Existe mais algum tópico que julga interessante e gostaria de relatar?

Ergonomia não pertence ainda à cultura de gestão industrial em Portugal na maioria das operações. No nosso caso, não há postura incorreta poucos e tarefas repetitivas na linha de montagem, mas a avaliação do risco destas condições seria interessante como novos dados.

Figura 4 - Descrição da entrevista com o gestor da empresa de conversão de papel. As perguntas estão colocadas nas áreas em cinza e as respostas nas áreas em branco.

O *checklist* foi aplicado na planta de conversão de papel (Figura 5). Quase a metade das informações da lista não foi encontrada na gestão da empresa. Devido ao papel da companhia de seguros, o custo de informações relacionadas a acidentes e lesões não é monitorado. Todas as demais variáveis de custos fixos de produção, bem como os custos diretos e indiretos relacionados com departamento pessoal e hora-extra, com o transporte para a fábrica, o desempenho, a contratação e o treinamento são utilizados.

	SIM	NÃO	COMENTÁRIOS
1	X		Ela se baseia em uma mudança, diariamente, mês, ano, volume de produção, ou o número de unidades de produtos entregues para o depósito final do transporte, por número de horas trabalhadas, os trabalhadores da planta, troca ou centro de recursos. Como uma figura global poderia ser expressa em tons alcançados por trabalhador.
2	X		Relacionada à doença, acidentes, maternidade e questões familiares.
3	X		Número de reclamações ou devoluções para cada 1000 toneladas vendidas mais custos reclamações.
4	X		Considerado baixo, mas é conhecida por setor.
5	X		Calculado por sector em percentagem do tempo de trabalho total disponível. Número absoluto de horas extras por área, com os custos relacionados, são calculados e comunicados.
6		X	
7	X		
8	X		
9	X		Índice de Gravidade e Frequência monitorada e relatada.
10	X		Médicos relatórios do Departamento.
11	X		Perdas devido ao custo baixo desempenho é expressa como custos de reclamações, devolução de produtos, pobre pedido de livro de compensação, por entregas atrasadas e outros.
12		X	
13		X	A companhia de seguros cuida destes custos em uma base caso a caso e, portanto, esta informação não é disponibilizada a nível setorial para supervisores de plantas.
14		X	Esta responsabilidade material é passado para a companhia de seguros.
15		X	
16	X		Custo de trabalhadores temporários para as substituições daqueles ausentes devido a doenças, lesões ou acidentes.
17		X	
18	X		

Figura 5 - Resultados da aplicação do checklist na empresa conversora de papel. Os números na coluna da esquerda representam as informações descritas na Figura 1.

Os resultados da entrevista com o diretor da fábrica, que é também o responsável pela segurança e saúde ocupacional na empresa, são apresentados na Figura 4. O alto nível de informação quantificada disponível foi facilmente identificado, o que poderia tornar-se parte de uma estratégia de gestão ergonômica preventiva, e que também poderia levar a uma redução dos custos com saúde, acidentes de trabalho e retrabalho.

4 DISCUSSÃO

O objetivo desse estudo de caso foi identificar a utilização de informações disponíveis nas empresas que possuam gestão ergonômica para a análise de benefício-custo de intervenções em Ergonomia. Detalhes sobre a existência, a forma de utilização e a relação entre as informações e as condições de trabalho foram apresentadas através da aplicação de um *checklist* e uma entrevista com cada gestor das duas empresas.

Uma das dificuldades encontradas foi a falta de especificidade das informações, em termos de separação de setores, postos e condições de trabalho. Sabe-se que um conjunto mais completo de informações poderia proporcionar quantificações e cálculos mais fidedignos. Entretanto, a barreira da coleta dessas informações não é exclusiva da Ergonomia, todas as disciplinas envolvidas com a gestão de processo produtivo dividem o mesmo problema (Rouse; Boff, 1997). Embora isso possa ser considerado um problema geral quando se fala em custo-benefício a quantificação da entrevista com o gestor brasileiro mostrou a descrença nos efeitos financeiros de uma intervenção ergonômica.

A cultura de gestão corrente da empresa conversora de papel não facilita a integração entre os princípios da Ergonomia e os departamentos de empresas, como finanças e saúde e segurança ocupacional. A gestão ergonômica em plantas industriais ainda está em estágios preliminares em Portugal e, embora possua relevante informação financeira, não se correlaciona Ergonomia como parte de sistemas de gestão. Na verdade, a Ergonomia é considerada apenas como uma ciência técnica aplicada para determinados segmentos, como linhas de produção com tarefas repetitivas. Por outro lado, esta organização é uma referência global por seus investimentos na melhoria das condições de trabalho e mostra baixos níveis de incidentes. Isso ajuda a construir os limites para a integração de Ergonomia, como parte da gestão do sistema. Há também implicações legais em Portugal, segundo as quais as grandes organizações tendem a passar a responsabilidade material (não a responsabilidade civil ou criminal) para gerenciar e lidar com qualquer tipo de acidente de trabalho e doenças, o custo dos hospitais, compensações eventuais e outros para as companhias de seguros.

Talvez a grande diferença entre as duas empresas deste estudo seja o estágio de maturidade sobre a utilização de informações sobre sistema de gestão. Infelizmente, a falta de uma justificativa econômica para a Ergonomia é uma semelhança entre os fabricantes de vidro e papel. Sem mencionar a indústria de transformação como um todo. No entanto este não é um problema exclusivo de Ergonomia, mas compartilhada por qualquer disciplina envolvida com o sistema de gestão da produção (Rouse; Boff, 1997).

As empresas analisadas não estão cientes da possibilidade de utilização das informações descritas neste estudo para justificar projetos e investimentos em Ergonomia. Algumas hipóteses para justificar esta falta de conhecimento seriam a implantação de projetos de Ergonomia mal desenvolvidos por profissionais não qualificados, além da lógica errônea de que a Ergonomia é baseada em senso comum e a esperança de que os tomadores de decisão

irão proativamente investir nela apenas porque é considerada a coisa certa a fazer (Hendrick, 2003).

O nível de dados disponível revela a capacidade de fornecer uma representação mais precisa dos custos envolvidos com as questões profissionais que poderiam ser resolvidos pela Ergonomia. É importante mencionar que as informações contidas neste estudo tem origem em pesquisas internacionais e que, normalmente, nem todas são normalmente utilizadas na gestão da saúde, segurança ou Ergonomia, conforme os estudos de caso apresentados.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo apresentou um estudo de caso ilustrando a utilização de informações sobre problemas ocupacionais na análise de benefício-custo de intervenções em Ergonomia. Foi possível observar, através das informações levantadas, que muitos dos indicadores utilizados em pesquisas nesse contexto estão disponíveis na empresa. Entretanto, a possibilidade de sua utilização para justificar intervenções de melhoria ergonômica não é nem sequer conhecida pelos gestores. Uma forma organizada de informações que possa ser apresentada e utilizada na prática empresarial é uma necessidade que ainda precisa ser atendida pela pesquisa. Outras pesquisas devem abordar formas de correlacionar as informações mencionadas e o efeito econômico da Ergonomia nas organizações, que também pode ser considerado um contribuinte positivo não só para a saúde e o bem-estar dos trabalhadores, mas também um retorno positivo do investimento.

REFERÊNCIAS

- [1]A. Aarås, The impact of ergonomic intervention on individual health and corporate prosperity in a telecommunications environment, *Ergonomics* 37 (1994), 10, 1679-1696.
- [2]L. Abrahamsson, Production economics analysis of investment initiated to improve working environment, *Applied Ergonomics* 31 (2000), 1-7.
- [3]D. Beevis and I.M. Slade, Ergonomics - costs and benefits, *Applied Ergonomics* 34 (2003), 413-418.
- [4]P.J.W. Carrivick, A.H. Lee, K.K.W. Yau, and M.R. Stevenson, Evaluating the effectiveness of a participatory ergonomics approach in reducing the risk and severity of injuries from manual handling, *Ergonomics* 48 (2005), 8, 907-914.
- [5]R. Chokkar, C. Engst, A. Miller, D. Robinson, R.B. Tate, A. Yassi, The three-year economic benefits of a ceiling lift intervention aimed to reduce healthcare worker injuries, *Applied Ergonomics* 36 (2005), 223-229.
- [6]M.T. Driessen, J.R. Anema, K.I. Proper, P.M. Bongers, A.J. van der Beek, Stay@work: participatory ergonomics to prevent low back and neck pain among workers: design of a

- randomized controlled trial to evaluate the cost-effectiveness, *BMC Musculoskeletal Disorders* 9 (2008), 145.
- [7] A.C. Falck, R. Örtengren, D. Högberg, The impact of poor assembly ergonomics on product quality: a cost-benefit analysis in car manufacturing, *Human Factors and Ergonomics in manufacturing ; Service Industries* 20 (2010), 1, 24-41.
- [8] P.A. Hastings, M. Merriken, W.B. Johnson, An analysis of the costs and benefits of a system for FAA safety inspections, *International Journal of Industrial Ergonomics* 26 (2000), 231-248.
- [9] H. Hendrick, Determining the cost-benefits of Applying ergonomics to systems: Some documented "lessons learned", *Applied Ergonomics* 39 (2008), 418-426.
- [10] H. Hendrick, Determining the cost-benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success, *Applied Ergonomics* 34 (2003), 419-427.
- [11] H. Hendrick, Good ergonomics is good economics, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, 40th Annual Meeting*, (1996), Santa Monica, CA.
- [12] R. Hughes, N. Nelson, Estimating investment worthiness of an ergonomic intervention for preventing low back pain from a firm's perspective, *Applied Ergonomics*, 40 (2009), 457-463.
- [13] S. Jenkins, J. Rickards, Justifying investments in ergonomics - pre-intervention, *SELF-ACE CONFERENCE*, 3 (2001), 12-16.
- [14] K. Kemmlert, Economic impact of ergonomic intervention - four case studies, *Journal of Occupational Rehabilitation*, 6 (1996), 1, 17-32.
- [15] M.P. Kerr, D.S. Knott, M.A. Moss, C.W. Clegg, R.P. Horton, Assessing the value of human factors initiatives, *Applied Ergonomics*, 39 (2007), 305-315.
- [16] P. Kim, J.A. Hayden, S.A. Mior, The cost-effectiveness of an education program for firefighters: a case study, *Journal of Canadian Chiropractic Association*, 48 (2004), 1, 13-19.
- [17] S. Lahiri, J. Gold, C. Levensteins, Net-cost model for workplace interventions, *Journal of Safety Research*, 36 (2005), 241-255.
- [18] S. Lahiri, P. Markkanen, C. Levenstein, The cost effectiveness of occupational health interventions: preventing occupational back pain, *American Journal of Industrial Medicine*, 48 (2005), 515-529.
- [19] S. Lahiri, J. Gold, C. Levensteins, Estimation of net-costs for prevention of occupational low back pain: three case studies from the US, *American Journal of Industrial Medicine*, 48 (2005), 530-541.
- [20] P. Lanoie, S. Tavenas, Costs and benefits of preventing workplace accidents: the case of participatory ergonomics, *Safety Science*, 24 (1996), 3, 181-196.
- [21] P. Lanoie, L. Trottier, Costs and benefits of preventing workplace accidents: going from a mechanical to a manual handling system, *CIRANO* (1995), Montreal.
- [22] P.F. Riel, D. Imbeau, The economic evaluation of an ergonomic investment for preventive purposes: a case study, *Journal of Safety Research*, 28 (1997), 3, 159-176.
- [23] W.B. Rouse and K.R. Boff, Assessing cost/benefits of human factors, in: *Handbook of human factors and ergonomics*, G. Salvendy, 2nd ed, John Wiley ; Sons, Inc., New York, 1997.
- [24] M. Rowan, P. Wright, Ergonomics is good for business, *Work Study*, 43 (1994), 8, 7-12.
- [25] S. Schneider, Ergonomic intervention has a return on investment of 17 to 1, *Appl. Occup. Environ Hyg*, 13 (1998), 4, 212-213.
- [26] P.A. Seeley, R.W. Marklin, Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility, *Applied Ergonomics*, 34 (2003), 429-439.
- [27] R.N. Sen, P.H.P. Yeow, Cost effectiveness of ergonomic redesign of electronic motherboard, *Applied ergonomics*, 34 (2003), 453-463.

- [28] C.M. Sommerich, Economic analysis for ergonomics programs, in: *Occupational Ergonomics: Design and Management of Work Systems*, W. Karwowski, W.S. Marras, CRC Press, New York, 2003.
- [29] E. Tompa, R. Dolinski, C. Oliveira, B.C. Amick III, E. Irvin, A systematic review of workplace ergonomic interventions with economic analyses, *Journal of Occupational Rehabilitation*, nov (2009).
- [30] P.H.P. Yeow, R.N. Sen, Productivity and quality improvements, revenue increment, and rejection cost reduction in the manual component insertion lines through the application of ergonomics, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36 (2006), 367-377.

ARTIGO 5

**SISTEMÁTICA DE APOIO PARA ANÁLISE DE BENEFÍCIO-CUSTO DE
PROJETOS EM ERGONOMIA (SAABEPE)**

SISTEMÁTICA DE APOIO PARA ANÁLISE DE BENEFÍCIO-CUSTO DE PROJETOS EM ERGONOMIA (SAABEPE)

1. INTRODUÇÃO

A atenção para a necessidade de consolidação das relações entre os objetivos de profissionais da Ergonomia e os dos empresários foi ressaltada por Simpson (1990). Assim, metas como o desenvolvimento de uma organização segura, rentável e de sucesso devem considerar também o projeto de melhoria das condições de trabalho em uma empresa. Os critérios de julgamento sobre a vantagem de projetos em Ergonomia são semelhantes aos de outras áreas dentro de uma organização, sendo que o único critério de sucesso comum é o dinheiro. Neste sentido, Grozdanovic (2001) indica a necessidade de oferecer argumentos econômicos sólidos para justificar a introdução de soluções ergonômicas sistemáticas na produção visto que, em muitas organizações, isso ainda é considerado mais como altruísmo do que como um investimento lucrativo.

Abrahamsson (2000), por exemplo, apresentou a possibilidade de redução de custos com retrabalhos, manutenção e material supérfluo, através de mudanças no ambiente de trabalho de metalúrgicas que visassem diminuir a carga de trabalho, os movimentos corporais desfavoráveis e a necessidade de manipulação de objetos pesados. A autora coloca ainda que investimentos para a melhoria das condições de trabalho podem assegurar uma boa lucratividade que, no caso apresentado, representou uma taxa interna de retorno de 36%. Já um projeto de melhoria ergonômica de ferramentas de uma planta geradora de energia elétrica foi analisado através de um modelo de caso de negócio por Seeley e Marklin (2003). Os benefícios anuais que a empresa obteve com a redução de custos médicos, de compensação e de treinamento foram estimados em \$184.255, com um período de *payback* de apenas quatro meses. Exemplos como esses, apresentando boas justificativas econômico-financeiras de projetos em Ergonomia, podem também ser vistos em publicações como as de Yeow e Sen (2006), Hasting et al. (2000), Schneider (1998) e Aarås (1994).

Tompa et al. (2009) apresentam algumas razões para pontuar a falta de estudos sobre projetos ergonômicos que utilizaram análises econômicas, explicando o porquê da qualidade dessas avaliações ser geralmente tão baixa. Uma das razões seria que, em geral, existem poucos guias práticos sobre custos e benefícios das intervenções; e outra, é a escassez de

informações desse tipo disponíveis nas organizações. Essa necessidade gera um desafio técnico dispendioso para as empresas, que acarreta na dificuldade de obtenção de informações fidedignas e úteis.

A relação entre a necessidade de informações para o cálculo dos benefícios e as barreiras da falta de conhecimento e do descrédito da Ergonomia, por parte de gestores, é um dos pontos mais críticos nessa discussão. Antes de se iniciar uma análise de benefício-custo de um projeto em Ergonomia é preciso identificar os custos que serão considerados e como eles serão medidos (Goosens; Evers, 1997). Entretanto, gestores que questionam o real valor da Ergonomia geralmente não possuem as informações necessárias para a realização de qualquer tipo de análise de custos (Beevis, 2003). Acrescido a esse cenário, não se observa definida nenhuma forma de organização das informações a serem consideradas nos casos de análise de projetos ergonômicos. Os indicadores relacionados à realidade da condição ergonômica existente não são exclusivos, podendo incorporar níveis ligados ao processo produtivo e à saúde e segurança ocupacional. Além desses, acrescenta-se as informações de custeio que apresentam a mesma realidade do ponto de vista financeiro.

Modelos de custeio para projetos em Ergonomia, como os de Lahiri et al. (2005), Hastings et al. (2000) e Kerr et al. (2008), possuem diferentes formas para calcular os benefícios e analisar os investimentos necessários. Entretanto, as informações consideradas em seus cálculos não são completas e deixam de visualizar benefícios menos óbvios ou de mensuração mais difícil, como por exemplo, custo de baixo desempenho. Isso se dá pela falta, ou mesmo o bloqueio, de informações sobre o processo produtivo das empresas (Silva et al., 2012). Ou seja, havendo informações úteis, disponíveis e relacionadas com as condições de trabalho, a aplicação desses modelos torna-se mais eficaz e seus resultados mais realistas.

Para que as empresas possam atingir mudanças significativas nas condições de trabalho não são necessários apenas modelos de análise sobre o benefício-custo da Ergonomia, mas também o reconhecimento de obstáculos que impedem essa justificativa (Grozdanovic, 2001). Neste contexto, a falta de preparo das empresas para isso é um desses obstáculos. O objetivo deste artigo é apresentar a abordagem de uma sistemática de apoio para melhor quantificar os benefícios de projetos em Ergonomia e proporcionar uma análise de benefício-custo mais completa. Tal meta busca suprir a necessidade de uma sistemática que considere a escassez de informações nas empresas e que possa guiar a organização de dados

necessários para uma análise de benefício-custo, contempladora da maior parte dos aspectos envolvidos em um projeto de melhoria ergonômica.

2. METODOLOGIA

2.1 Modelo Conceitual

Para embasar os principais componentes da sistemática apresentada neste artigo o Modelo Conceitual de Silva e Amaral (2012) foi utilizado. Ele é baseado em estudos aplicados e serve como base para melhor organizar e escolher as informações, suas fontes e as possíveis lógicas para a quantificação de benefícios financeiros de projetos de intervenção ergonômica (Figura 1). A criação de projetos de melhoria nas condições de trabalho de determinada empresa, por exemplo, pode utilizar as listas de informações financeiras e não-financeiras do Modelo Conceitual como referência para escolher ou completar os indicadores de desempenho do projeto. Além disso, ele permite consultar as possíveis fontes de origem dessas informações e ainda buscar uma lógica de comparação entre a situação pré e pós-intervenção, objetivando quantificar os benefícios financeiros como uma justificativa para a realização de um projeto. Já a análise financeira propriamente dita, através de métodos reconhecidos, se inicia após a determinação do investimento e dos benefícios provenientes dessa comparação entre o pré-intervenção e o pós-intervenção.



Figura 1 Representação gráfica do modelo conceitual de Silva e Amaral (2012)

2.2 Desenvolvimento da sistemática

O presente artigo buscou um formato de sistemática de apoio para análises de projetos ergonômicos. A esse formato aplicável foi dado o nome de Sistemática de Apoio para Análise de Benefício-Custo de Projetos em Ergonomia (SAABEPE).

O desenvolvimento da SAABEPE considerou, além do Modelo Conceitual de Silva e Amaral (2012), características e barreiras encontradas na prática de empresas (Silva et al. 2012). Tais características e barreiras dizem respeito à cultura industrial local, em relação à dificuldade de inserção de novas ideias gerenciais e a necessidade de avaliações de benefício-custo de intervenções em qualquer área. Como forma de orientação da SAABEPE, a partir das lacunas de literatura, a Figura 2 apresenta características de três modelos de análise de benefício-custo de projetos em Ergonomia, sob a perspectiva de suas necessidades de informação.

Características	(Lahiri et al., 2005)	(Kerr et al., 2008)	(Riel e Imbeau, 1997)
Qual o objetivo?	Determinar os <i>net-costs</i> de intervenções ergonômicas implementadas ou propostas	Contribuir para a identificação do valor financeiro de intervenções ergonômicas	Justificar economicamente um investimento em prevenção
Diferencia os tipos de benefícios?	Sim	Sim	Sim
Apresenta as informações de origem dos benefícios?	Sim	Sim	Sim
Considera o investimento?	Sim	Não	Sim
Possui alguma sistemática para obter informações?	Não	Não	Não
Gera sugestões para a gestão da Ergonomia?	Não	Não	Não
Guia a escolha de pessoas envolvidas?	Não	Não	Não
Considera barreiras existentes?	Não	Sim	Não
Considera características da empresa?	Não	Não	Não
Considera informações de processo produtivo?	Sim	Sim	Não
Considera informações administrativas?	Sim	Não	Não
Considera informações de saúde?	Sim	Não	Sim

Figura 2 Características de alguns modelos de análise de benefício-custo de projetos ergonômicos

Todos os modelos citados possuem objetivos similares, entretanto, a forma de captação de informação, os tipos de informação e as demais considerações acerca do projeto ergonômico possuem variação conforme a perspectiva da situação estudada. Desta forma, mesmo que o objetivo final dos modelos seja a justificativa de projetos ergonômicos, a mecânica de funcionamento e os benefícios financeiros envolvidos podem variar de elementos de perdas de processo produtivo até custos de seguro para saúde. Tais características e necessidades foram consideradas no desenvolvimento da SAABEPE, de forma que a sua aplicação em uma empresa pudesse criar condições para a utilização desses e de outros modelos de análise propostos na literatura.

3. APRESENTAÇÃO DA SAABEPE

3.1 Objetivos e delimitações da sistemática

A SAABEPE se destina a apoiar e facilitar a utilização de modelos de análise de benefício-custo de projetos em Ergonomia. Esse objetivo deve ser alcançado através da organização de informações e das lógicas utilizadas pela empresa, que pretende analisar um projeto ergonômico, sob uma perspectiva econômico-financeira. Suas principais delimitações dizem respeito ao tipo de organização empresarial em que se pretende justificar o investimento em Ergonomia.

É necessário também ter em mente que as informações presentes nesse estudo pertencem a metodologias de pesquisa publicadas na literatura internacional; e que, em muitos casos, essas informações não são utilizadas nas práticas de gestão das empresas. Logo, a SAABEPE se coloca também como um guia para informar empresas sobre a necessidade de utilização de determinados indicadores, principalmente nas análises de projetos de melhoria. Para se tornar uma sistemática aplicável em empresas de diferentes ramos a SAABEPE considera as características necessárias para uma organização completa de informações financeiras e não-financeiras, bem como as necessidades de modelos de análise publicados. Sua aplicação prática é composta por três etapas apresentadas a seguir.

3.2 Etapas de aplicação da SAABEPE

3.2.1 Etapa 1 - Apresentação de conceitos e definição das pessoas envolvidas

Considera-se importante um primeiro contato entre empresas e conceitos fundamentais da Ergonomia, e, mais especificamente, sobre a possibilidade de benefícios

através do investimento em melhorias nesse sentido. Se possível, tal apresentação pode ser feita em formato de palestra e deve ser realizada na presença de gestores de todas as áreas. Em termos de conteúdo, deve-se apresentar os objetivos e etapas da SAABEPE e também conceituar os princípios ergonômicos envolvidos. É recomendável incluir na apresentação exemplos práticos de projetos ergonômicos sob a perspectiva de análise de benefício-custo, de forma a familiarizar os participantes e nivelar os assuntos que serão tratados e aplicados na empresa.

Após a apresentação de conceitos, esta etapa da SAABEPE objetiva também identificar as pessoas na empresa que possuam acesso a informações e que possam incentivar a implantação das sugestões provenientes das avaliações. Essas pessoas que serão envolvidas deverão ser escolhidas dentre o grupo que participou da apresentação de conceitos. Tal escolha deve ser feita em comum acordo entre os pesquisadores e os gestores da empresa, sendo que os escolhidos devem ser convidados para participar voluntariamente da aplicação. Dentre os participantes, no mínimo, deve haver representantes dos setores de produção/qualidade, administrativo/custos, recursos humanos e saúde e segurança ocupacional, conforme proposto por Grozdanovic (2001). Esta etapa é bastante importante, pois a participação de cada voluntário representa a perspectiva que um ou mais setores possuem da Ergonomia e seu valor econômico.

3.2.2 Etapa 2 – *Checklist* e identificação de lógicas e origens das informações

A existência de informações relevantes na prática gerencial das empresas é avaliada nessa etapa, através da aplicação do *checklist* de Silva e Amaral (2012). Este reúne as principais informações sobre a quantificação de benefícios segundo publicações internacionais (Figura 3). Além da possibilidade de saber em qual nível um determinado tipo de informação existe na prática gerencial de uma empresa, também é importante saber se sua fonte provém de um registro operacional, ou se segue padrões de tabelas de referência externas ou internas. Tabelas de referências internas são compostas por informações registradas pela empresa (quantidade de refugos, *turnover*, etc.) e que servem de padrão para estimativas ou comparações futuras. Já tabelas de referência externa também servem como padrão, mas são compostas por informações regionais ou nacionais sobre fatores como, por exemplo, a média de custo de compensação de trabalhadores afastados.

Categoria das informações	Informação não financeira	Informação financeira
Ligada diretamente aos aspectos produtivos	Produtividade Dias perdidos de trabalho Produtos com erros, defeitos ou devoluções Tempo de ciclo das tarefas	Custo de desempenho abaixo do padrão Custo de retrabalho
Ligada diretamente aos aspectos administrativos	Rotatividade (<i>turnover</i>) Hora-extra	Custo de compensação por afastamento Custo de processos administrativos de novas contratações Custo de processos jurídicos por interdições, multas e indenizações relacionadas a doenças ou lesões Custos de treinamento de novos trabalhadores
Ligada diretamente aos aspectos de saúde no trabalho	Absenteísmo por lesão ou doença Perda de tempo causada por lesão ou doença Prevalência e severidade de lesões e doenças Prevalência de dores físicas	Custo de tratamento de lesão ou doença ocupacional (médico, exames, medicamentos, fisioterapia, transporte)

Figura 3 Checklist de informações financeiras e não-financeiras de Silva e Amaral (2012)

A identificação dessas lógicas de utilização de informações em torno de uma intervenção de melhoria ergonômica deve, na prática gerencial das empresas, ser realizada nessa etapa através da participação das pessoas já escolhidas. O Modelo Conceitual apresentado na Figura 1 indica as possibilidades de origem dessas informações. Objetiva-se com isso conhecer não só que tipo de informação é utilizado nas empresas, mas também com que lógica elas são utilizadas e quais são as possibilidades de melhoria para a quantificação dos projetos em Ergonomia.

Um exemplo da forma de apresentação das informações colhidas na etapa de *checklist* e de identificação de lógicas é apresentado na Figura 4. Esse formato possibilita uma abordagem completa sobre as condições de utilização de informações sobre a quantificação de benefícios de projetos em Ergonomia que a empresa possui.

Informações não-financeiras	Utilização pela empresa
Tipo de informação	Condição:
Descrição	Origem:

Figura 4 Forma de apresentação dos resultados da aplicação do checklist da Figura 3

3.2.3 Etapa 3 - Possibilidades de melhoria e sugestões

Nesta última etapa, as características sobre as informações da empresa são agrupadas em três categorias de melhorias: nas informações existentes, nas informações parcialmente existentes e nas informações inexistentes. Esta classificação, guiada pelos resultados das etapas anteriores, é seguida por sugestões de progressos futuros. Estas sugestões devem indicar a necessidade de implantação de informações necessárias ou a necessidade de novas aplicações para as informações que a empresa já possui.

Com esta etapa encerra-se a aplicação da SAABEPE, e espera-se que com seus resultados, seguindo as mudanças recomendadas, as empresas possam conduzir melhores análises sobre possíveis benefícios financeiros de forma a justificar investimentos em projetos ergonômicos. A Figura 5 apresenta o fluxo lógico das etapas de aplicação da SAABEPE, relacionando o nome de cada etapa com sua característica principal.

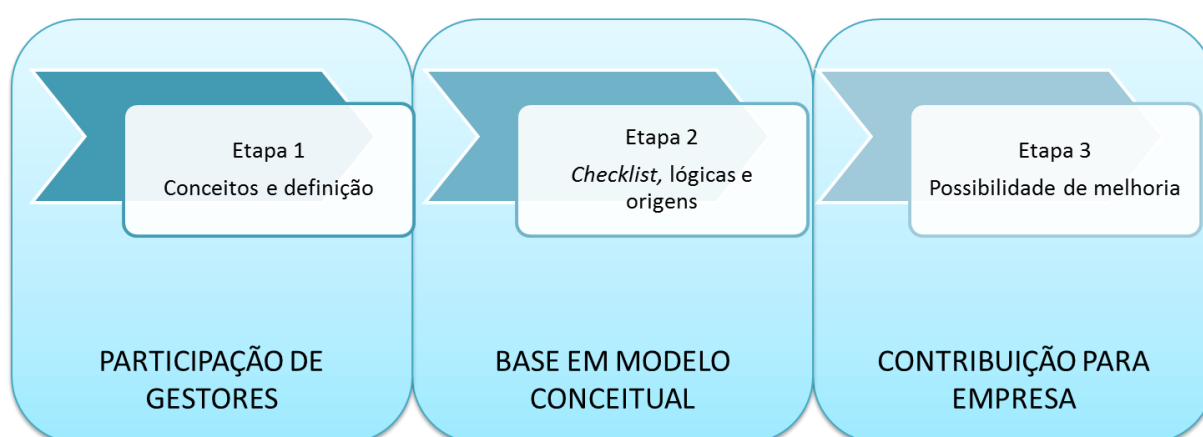


Figura 5 Fluxo lógico da SAABEPE

4. DISCUSSÃO

O objetivo deste artigo é apresentar a abordagem de uma sistemática de apoio para melhor quantificar os possíveis benefícios de projetos em Ergonomia e que possa proporcionar uma análise de benefício-custo mais completa. Para isso, um Modelo Conceitual foi adaptado para a prática empresarial, buscando contornar barreiras indicadas pela literatura e melhorar a utilização de informações considerando características de gestão da empresa que necessite de um projeto em Ergonomia.

Com relação ao desenvolvimento da SAABEPE, chama-se atenção para algumas características da sistemática que visam considerar alguns pontos práticos importantes. A etapa de apresentação de conceitos e definição de pessoas envolvidas foi incluída com o objetivo de facilitar a implantação da sistemática e evitar barreiras como o bloqueio de informações dentro da empresa. Já o *checklist* busca guiar a utilização de informações financeiras e não-financeiras que se fazem necessárias, mas ausentes nos modelos de análise de benefício-custo de projetos em Ergonomia observados (Riel; Imbeau, 1997, Lahiri et al., 2005, Kerr et al., 2008). A identificação de lógicas e origens das informações considera a base do Modelo Conceitual para melhor compreender as características pontuais da empresa estudada. Por fim, a etapa de possibilidades de melhoria e sugestões de progressos futuros conduz a gestão da empresa a contornar barreiras como o custo de informações, permitindo utilizar dados levantados nas demais fases da aplicação da sistemática para indicar novas alternativas e para melhor suprir análises de projetos ergonômicos.

Em termos de resultados esperados da aplicação da SAABEPE, é importante que se discuta acerca do impacto que as características da empresa estudada possuem sobre suas possibilidades de melhoria. A ausência de informações que possam indicar perdas, ou mesmo sua utilização insuficiente, associadas ao desconhecimento sobre a lógica de comparação pré-intervenção e pós-intervenção são resultados negativos. A percepção que a empresa deveria possuir sobre problemas ocupacionais, que podem gerar perdas consideráveis e que deveriam ser os norteadores de projetos ergonômicos, fica bloqueada, logo qualquer ação nesse sentido não é procurada ou incentivada. Com isso, perdas financeiras potencialmente evitáveis (como por exemplo, custo de compensação por afastamento) são somadas às perdas normais e inerentes ao processo produtivo (custo de treinamento, custo de retrabalho, etc.), mesmo que possuam grande potencial de redução. As possibilidades de melhoria e as consequentes sugestões delineadas pela SAABEPE têm o objetivo de reverter este cenário instalado na

gestão da empresa estudada. Neste âmbito, um aspecto é a falta de utilização das informações existentes para projetos de Ergonomia, outro é a possibilidade de diferentes origens para essa informação. Por fim, a dificuldade de utilização das informações na forma em que se encontram, o que pode ser contornado através das sugestões de origem (utilização de tabelas externas, questionários, etc.). Acredita-se que isto seja possível, visto que é comum possuir conhecimentos e ferramentas que busquem a redução de perdas sob perspectivas mais evidentes (como troca de maquinário, por exemplo).

Outro ponto relevante é que a utilização dos indicadores em caráter de pesquisa busca apresentar e quantificar os benefícios financeiros de intervenções ergonômicas, voltadas unicamente para problemas específicos (por exemplo, as prevalências de lombalgia no estudo de Hughes e Nelson (2009)). Assim, o valor do desempenho e de custos destas intervenções ergonômicas é alcançado gradualmente, por publicações científicas como Seeley e Marklin (2003) e Chhokar et al. (2005). Além disso, no que se refere à gestão da Ergonomia a utilização desses indicadores de pesquisa ainda se apresenta como uma lacuna, tanto na literatura quanto na prática (Oxenburgh, 1997). No caso da SAABEPE, tal lacuna pode ser suprida através do suporte de informações que permite a análise de projetos de uma forma mais completa, facilitando a inclusão destas informações e análises nos processos de gestão.

As vantagens da aplicação da SAABEPE em uma empresa dizem respeito às melhorias na gestão da Ergonomia e aos próprios benefícios econômico-financeiros de projetos de melhoria das condições de trabalho. Mesmo sem um projeto de melhoria ergonômica em vista, uma empresa pode se utilizar da SAABEPE para iniciar o desenvolvimento de uma cultura de gestão ergonômica. Conhecer a variação de indicadores desfavoráveis para a empresa e para o trabalhador é uma das bases para o mapeamento ou a priorização de problemas passíveis de soluções ergonômicas. No caso de uma melhoria ergonômica em fase de projeto, é importante e necessária uma análise econômica completa, incluindo uma previsão de redução de perdas. E, para isso, um conjunto de informações financeiras e não-financeiras é necessário para que se possa analisar através de modelos como os de Lahiri et al. (2005), Kerr et al. (2008) e Riel e Imbeau (1997). No caso de aprovação do projeto, as intervenções de melhoria previstas devem buscar a redução de custos através de condições de trabalho condizentes com os princípios da Ergonomia. Outro fator que demonstra vantagens da aplicação da SAABEPE, com relação à literatura, é a consideração de informações não fixadas em um determinado problema, como por exemplo, o *turnover* e o absenteísmo. Além destes, ou de qualquer outro problema de saúde ocupacional, é necessário

considerar fatores menos aparentes, como os custos de reposição de trabalhadores e de problemas de produtividade e qualidade, além de custos de supervisão decorrentes de situações de trabalho sem a adaptação necessária ao trabalhador (Alexander; Albin, 2003). Ressalta-se também algumas diferenças entre a SAABEPE e os modelos utilizados em seu desenvolvimento. Características como a indicação para a escolha de pessoas envolvidas, a sistemática para obtenção de informações e as sugestões de melhoria para gestão são encontradas na SAABEPE, mas não nos principais modelos com objetivos semelhantes (Figura 2). Apesar dessas vantagens da sistemática proposta em relação aos modelos citados, existem também características comuns entre eles como a apresentação da origem dos benefícios, a consideração de informações de processo produtivo e de algumas barreiras existentes. Embora essa última característica, presente no modelo de Kerr et al. (2008), considere a barreira do custo das informações, mas não sua multifatorialidade (Silva, et al., 2012).

No entanto, uma das desvantagens da SAABEPE pode residir na dificuldade de convencimento dos tomadores de decisão sobre sua capacidade de contribuir para a posição financeira da empresa, sem que haja grandes problemas acontecendo ou um projeto necessitando de justificativas financeiras para liberação de investimentos. Além disso, por se tratar de uma primeira proposta de sistemática, obviamente ele ainda não é sustentado por muitos casos práticos para comprovar sua importância.

Hipóteses para a falta de difusão das possibilidades de auxílio na tomada de decisão que a sistemática pode trazer, também foram discutidas por Hendrick (1996). Corroborando a ideia da sistemática, cita a aplicação da má Ergonomia por pessoas não qualificadas, a noção errônea de que a Ergonomia nada mais é do que o bom senso de trabalhadores, deixando transparecer a esperança de que tomadores de decisão invistam proativamente em melhorias no trabalho, porque simplesmente é a “coisa certa a fazer”.

Segundo Beevis (2003), três categorias de informações são necessárias para a construção de um caso de negócios para projetos em Ergonomia: custos “salvos” (perdas), custos evitados e novas oportunidades. As três categorias necessitam de informações organizadas e fidedignas a realidade da empresa. Considerando a SAABEPE como uma sistemática que busca contribuir nesse sentido, assim como o crescimento da necessidade de bons casos de negócio para impulsionar a Ergonomia como um todo, sugere-se a continuidade no desenvolvimento desta área de interesse. Além de casos de sucesso de projetos

ergonômicos publicados, também se incentiva esta discussão sobre novas formas de contornar as barreiras e a necessidade de apresentação do real valor da Ergonomia nas empresas.

5. CONCLUSÃO

Como conclusão, pode-se considerar que a sistemática apresentada tem a finalidade de viabilizar a utilização e a aplicação de análises econômicas de projetos em Ergonomia em empresas que, não necessariamente, tenham uma gestão consolidada neste âmbito. A sistemática pode preencher uma lacuna importante da literatura, principalmente viabilizando a sistematização das informações, no sentido de preparar as tomadas de decisão com relação aos projetos de Ergonomia frente a outros projetos desenvolvidos nas empresas.

Considera-se também que futuras aplicações da sistemática poderão evidenciar tais vantagens, uma vez que o número de casos analisados poderá indicar melhorias mais palpáveis e visíveis do ponto de vista de benefício-custo.

REFERÊNCIAS

- Aarås, A. (1994). The impact of ergonomic intervention on individual health and corporate prosperity in a telecommunications environment. *Ergonomics*, 37, 10, 1679-1696.
- Abrahamsson, L. (2000). Production economics analysis of investment initiated to improve working environment. *Applied Ergonomics*, 31, 1-7.
- Alexander, D.C., ; Albin, T. J. (2003). Economic justification of the ergonomics process. In: Karwowski, W., Marras, W. S. *Occupational Ergonomics: Design and Management of Work Systems*. New York: CRC Press.
- Chhokar, R., Engst, C., Miller, A., Robinson, D., Tate, R. B. ; Yassi, A. (2005). The three-year economic benefits of a ceiling lift intervention aimed to reduced healthcare worker injuries. *Applied Ergonomics*, 36, 223-229.
- Beevis, D. (2003). Ergonomics - costs and benefits revisited. *Applied Ergonomics*, 34, 491-496.
- Grozdanovic, M. (2001). A framework for research of economic evaluation of ergonomic interventions. *Economics and Organization*, 1(9), 49-58.
- Goossens, M. E. J.; Evers, S. M. A. A. (1997). Economic evaluation of back pain interventions. *J Occup Rehabil*, 7, 1, 15-32.

- Hastings, P. A.; Merriken, M.; Johnson, W. B. (2000). An analysis of the costs and benefits of a system for FAA safety inspections. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26, 231-248.
- Hendrick, H. (1996). Good ergonomics is good economics, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, 40th Annual Meeting, Santa Monica, CA.
- Hughes, R.; Nelson, N. (2009). Estimating investment worthiness of an ergonomic intervention for preventing low back pain from a firm's perspective. *Applied Ergonomics*, 40, 457-463.
- Kerr, M. P.; Knott, D. S.; Moss, M. A.; Clegg, C. W.; Horton, R. P. (2008). Assessing the value of human factors initiatives. *Applied Ergonomics*, 39, 305-315.
- Lahiri, S.; Gold, J.; Levensteins, C. (2005). Net-cost model for workplace interventions. *Journal of Safety Research*, 36, 241-255.
- Oxenburgh, M. S. (1997). Cost-benefit analysis of ergonomics programs. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 58, feb, 150-156.
- Riel, P. F.; Imbeau, D. (1997). The economic evaluation of an ergonomic investment for preventive purposes: a case study. *Journal of Safety Research*, 28, 3, 159-176.
- Schneider, S. (1998). Ergonomic intervention has a return on investment of 17 to 1. *Appl. Occup. Environ Hyg*, 13, 4, 212-213.
- Seeley, P. A.; Marklin, R.W. (2003). Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility. *Applied Ergonomics*, 34, 429-439.
- Silva, M.P.; Amaral, F.G. (2012). Quantificação dos benefícios financeiros de intervenções ergonômicas: um modelo conceitual. Tese de doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
- Silva, M.P.; Amaral, F.G.; Mandagara, H.; Leso, B.H. (2012). Difficulties in quantifying financial losses that could be reduced by ergonomic solutions. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing ; Service Industries*, IN PRESS.
- Simpson, G. C. (1990). Costs and benefits in occupational ergonomics. *Ergonomics*, 33, 3, 261-268.
- Tompa, E.; Dolinschi, R.; Oliveira, C.; Amick III B.C.; Irvin, E. (2009). A systematic review of workplace ergonomic interventions with economic analyses. *Journal of Occupational Rehabilitation*, nov.
- Yeow, P.H.P.; Sen, R. N. (2006). Productivity and quality improvements, revenue increment, and rejection cost reduction in the manual component insertion lines through the application of ergonomics. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36, 367-377.

ARTIGO 6

**ORGANIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES PARA ANÁLISE DE BENEFÍCIO-CUSTO
EM PROJETOS ERGONÔMICOS**

ORGANIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES PARA ANÁLISE DE BENEFÍCIO-CUSTO EM PROJETOS ERGONÔMICOS

1. INTRODUÇÃO

Considerando a perspectiva empresarial sobre investimentos em melhores condições de trabalho, muito tem sido tratado sobre o custo-benefício de projetos em Ergonomia. Autores como Simpson (1990), Anderson (1992), Oxenburgh (1997), Grozdanovic (2001), Beevis e Slade (2003), Hendrick (2003), Morse (2009) e Looze et al. (2010) apresentaram casos de sucesso de projetos ergonômicos sob o ponto de vista de benefício-custo. Estes autores discutiram sobre a necessidade de incluir esse tipo de benefício, como justificativa para investimentos em intervenções, desde programas de prevenção até alterações substanciais em linhas de produção.

De fato, os casos de projetos de intervenção ergonômica analisados sob o ponto de vista econômico-financeiro foram tão positivos e numerosos que desencadearam alguns estudos de revisão. Estes estudos tinham o objetivo de fornecer novas informações para os tomadores de decisão através da síntese de evidências encontradas em estudos sobre os méritos financeiros de projetos em Ergonomia (Goosens; Evers, 1997; Tompa et al., 2009; Nelson; Hughes, 2009; Neumann; Dul, 2010). Em geral, o foco foi a demonstração de que melhorias nas condições de trabalho podem predizer reduções em problemas ocupacionais, que se desdobram em redução de custo. De forma mais específica, o cerne das pesquisas foi desde problemas de lombalgia ocupacional até a relação entre Ergonomia e a performance do sistema produtivo. Os resultados destas revisões serviram também como guia de boas práticas para prevencionistas como: ergonomistas e profissionais da área da saúde e segurança do trabalho. Mesmo assim, formas mais concretas de se utilizar destas informações para analisar situações reais eram necessárias, pois em seus resultados uma descrição mais específica e abrangente das informações, como por exemplo, a utilização de informações de produtividade capazes de demonstrar avanços nas condições de trabalho (Yeow e Sen, 2006).

Visando o crescimento de casos de sucesso como esses das revisões, bem como a necessidade de metodologias aplicáveis nas empresas, autores como Riel e Imbeau (1997), Lahiri et al. (2005), Kerr et al. (2008), entre outros, propuseram modelos de análise de benefício-custo para projetos em Ergonomia. Tais modelos utilizaram ferramentas financeiras

conhecidas e comparações estatísticas entre diferentes cenários. Entretanto, as informações requeridas para a utilização dos modelos nem sempre estão disponíveis na prática gerencial das empresas. Para preencher esta lacuna na organização de informações foi proposto por Silva (2012) uma sistemática de apoio que até então não foi aplicada.

O objetivo deste artigo é, com base na sistemática citada, indicar melhores condições de informação para facilitar a realização de análises de benefício-custo mais completas de projetos em Ergonomia. Tal meta representa a aplicação de uma nova abordagem que é prévia aos modelos de análise financeira já publicados na área da Ergonomia. Para contemplar o proposto, a sistemática de apoio foi aplicada em uma empresa da indústria metal-mecânica como um estudo de caso. Em termos práticos, o que se busca é que a empresa estudada possa dispor de condições para realizar análises financeiras de projetos voltados à Ergonomia, da mesma forma que o faz com projetos de outras áreas de interesse. Isso visa incentivar e justificar as melhorias nas condições de trabalho que se fazem necessárias.

2. METODOLOGIA

A sistemática proposta por Silva (2012) chamada de Sistemática de Apoio para Análise de Benefício-Custo de Projetos Ergonômicos (SAABEPE) foi utilizado neste estudo. Ela tem a finalidade de viabilizar a utilização e a aplicação de análises econômicas em projetos de Ergonomia em empresas que, não necessariamente, tenham uma gestão consolidada neste âmbito. Sua aplicação prática é composta por cinco etapas: apresentação de conceitos, definição de pessoas envolvidas, *checklist*, identificação de lógicas de origens das informações e possibilidades de melhoria e sugestões. A Figura 1 apresenta as informações financeiras e não-financeiras que compõe o *checklist* e que servem como base para a definição de pessoas envolvidas, bem como para as reuniões e entrevistas com os escolhidos. Já a Figura 2 apresenta as possíveis origens e lógicas de utilização das informações, que também devem ser discutida com os representantes e identificadas na prática da empresa.

Categoria das informações	Informação não financeira	Informação financeira
Ligada diretamente aos aspectos produtivos	Produtividade Dias perdidos de trabalho Produtos com erros, defeitos ou devoluções Tempo de ciclo das tarefas	Custo de desempenho abaixo do padrão Custo de retrabalho
Ligada diretamente aos aspectos administrativos	Rotatividade (<i>turnover</i>) Hora-extra	Custo de compensação por afastamento Custo de processos administrativos de novas contratações Custo de processos jurídicos por interdições, multas e indenizações relacionadas a doenças ou lesões Custos de treinamento de novos trabalhadores
Ligada diretamente aos aspectos de saúde no trabalho	Absenteísmo por lesão ou doença Perda de tempo causada por lesão ou doença Prevalência e severidade de lesões e doenças Prevalência de dores físicas	Custo de tratamento de lesão ou doença ocupacional (médico, exames, medicamentos, fisioterapia, transporte)

Figura 1 Checklist de informações financeiras e não-financeiras de Silva (2012)

Tais etapas exigiram a participação de representantes dos principais setores da empresa e envolveram reuniões e entrevistas visando a caracterização dos tipos e lógicas de utilização de informações na empresa. Frisa-se que, dentre os participantes, no mínimo, deve haver representantes dos setores de produção/qualidade, administrativo/custos, recursos humanos e saúde e segurança ocupacional.

A empresa que participou deste estudo pertence à indústria metal-mecânica e a unidade escolhida para a aplicação da sistemática localiza-se no estado Rio Grande do Sul. Ela trabalha em três turnos (parcialmente) e possui a maior parte da sua produção voltada para a exportação. As principais características do trabalho em chão de fábrica se assemelham às daquelas das empresas do mesmo ramo, incluindo alta repetitividade, ambientes com elevado nível de ruído e contato direto com máquinas potencialmente perigosas.



Figura 2 Tipos de origens e lógicas de utilização para as informações financeiras e não-financeiras da Figura 1

Após os contatos iniciais solicitando a participação da empresa, o projeto de pesquisa foi aprovado pelo seu diretor operacional. A unidade foi visitada pelo pesquisador no quarto trimestre de 2011, onde decorreu a aplicação da SAABEPE.

3. RESULTADOS

Todas as etapas pertencentes à SAABEPE foram aplicadas na empresa escolhida e seus resultados são apresentados a seguir.

3.1 Apresentação dos conceitos e definição das pessoas envolvidas

A aplicação da sistemática foi iniciada por uma reunião com representantes dos principais setores da empresa. Uma apresentação dos principais conceitos acerca da pesquisa foi então realizada em formato de palestra. Após a apresentação, uma discussão sobre algumas dúvidas e contribuições pessoais foi iniciada. Por fim, considerando as informações financeiras e não-financeiras da SAABEPE, foram definidos os representantes responsáveis pelo fornecimento de cada tipo de informação. Os setores escolhidos para isso foram: custos, produção, recursos humanos, segurança e meio ambiente, qualidade e departamento médico.

3.2 Checklist, lógicas e origem das informações

Através de entrevistas com os representantes selecionados as informações financeiras e não-financeiras disponíveis foram levantadas. A forma com que a empresa utiliza cada uma das informações, descrevendo detalhes sobre sua especificidade e relevância ao quantificar resultados de projetos ergonômicos é apresentada nas Figuras 3 e 4.

Para facilitar a leitura dos resultados, as informações foram separadas entre financeiras e não-financeiras. Além disso, estas também foram classificadas de acordo seus usos mais correntes e diretamente ligados aos aspectos produtivos, administrativos ou de medicina do trabalho, conforme o estudo de Silva e Amaral (2012).

Informações não-financeiras	Ligadas diretamente aos aspectos produtivos
Produtividade	Condição: existente
Descrição:	Origem: registro interno, estimativa de benefícios, comparação
<p>A produtividade da empresa é mensurada principalmente através indicadores referentes ao processo produtivo como um todo, sem especificar setores. Entre os indicadores, pode-se citar: quantidade de peças dividida pela quantidade mensal de produtos acabados; quantidade de horas produtivas mensais, dividida pela quantidade de horas disponíveis, que no último ano obteve média de 78% (meta é superar 75%).</p> <p>Ressalta-se que a empresa considera como situação de improdutividade o momento onde é registrada uma quantidade inferior de horas produtivas (causada por quebra de uma máquina, por exemplo), visto que a quantidade de produtos acabados é menor, mas os custos de mão de obra se mantêm os mesmos.</p> <p>Essas informações de produtividade poderiam ser utilizadas em uma lógica de comparação entre pré e pós-intervenção, ou mesmo em estimativas de benefícios, para justificar projetos em Ergonomia. Entretanto, esta prática só é adotada pela empresa para casos de projetos em outras áreas, como instalação de novos equipamentos.</p>	
Dias perdidos de trabalho	Condição: parcialmente existente
Descrição:	Origem: registro interno, estimativa de benefícios
<p>A diferença entre as horas de trabalho previstas e as horas produtivas pode ser compreendida e calculada como indicador de dias perdidos, segundo a empresa. Entretanto, não é um cálculo usual em sua gestão. Apesar disso, é uma informação que poderia colaborar na representação dos benefícios de projetos ergonômicos.</p>	
Retrabalho, defeitos e devoluções	Condição: parcialmente existente
Descrição:	Origem: registro interno, estimativa de benefícios, comparação
<p>Os principais indicadores de qualidade são: quantidade de devoluções de produtos acabados; quantidade de reclamações no Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC), que no último ano obteve média mensal de 4 (meta inferior à 5); quantidade de sucata; quantidade de defeitos encontrados na expedição; percentual de sucata por peças mensais; percentual de rejeição mensal na expedição por modelo de produto. Existe na empresa um processo de detecção da origem da sucata dentro do processo produtivo.</p> <p>Porém, ressalta-se que o retrabalho não é controlado de nenhuma forma na empresa, apesar de ser considerado como uma perda muito relevante pelos representantes.</p> <p>A lógica de utilização destas informações segue a mesma situação e possibilidades das informações de produtividade.</p>	

Tempo de ciclo das tarefas	Condição: inexistente
Descrição: Não é uma informação controlada pela gestão da empresa. Apenas máquinas automáticas possuem registro sobre seu tempo de ciclo das tarefas.	Origem: inexistente
Informações não-financeiras	Ligadas diretamente aos aspectos administrativos
Turnover	Condição: existente
Descrição: O <i>turnover</i> não é um indicador específico por setor, mas é calculado através do número de demissões mensais sobre o total de trabalhadores atuantes naquele mês. A meta é ficar abaixo de 0,75%, mas a média mensal do último ano foi de 0,88%. Embora seja uma informação relevante, a empresa não a relaciona com problemas de produção, ou mesmo com condições de trabalho desfavoráveis. No caso de um projeto de Ergonomia, esta seria uma informação potencialmente importante para representar seus benefícios.	Origem: registro interno
Horas-extra	Condição: inexistente
Descrição: Existe uma ordem expressa da gestão para que não se realizem horas-extras de trabalho sob nenhuma circunstância. Se houver necessidade de mais trabalhadores o processo de novas contratações é desencadeado. Entretanto, existe o chamado banco de horas, que é controlado pela empresa e que acumula horas além do expediente, podendo ser utilizado posteriormente para férias ou folgas.	Origem: inexistente
Informações não-financeiras	Ligadas diretamente aos aspectos de saúde no trabalho
Absenteísmo por lesão ou doença	Condição: existente
Descrição: O absenteísmo causado por acidentes ou lesões ocupacionais na empresa é controlado através de indicadores como: quantidade mensal de acidentes com afastamento dividido por homem/horas trabalhadas; quantidade de trabalhadores afastados ao INSS no mês dividido pelo número registrado no Cadastro Geral de Empregados e Desempregados – CAGED. A unidade fabril ou mesmo o setor da empresa onde acontecem os acidentes com ou sem afastamento são conhecidos. Este é um indicador utilizado para o mapeamento e controle de aspectos de saúde e segurança no trabalho. Mesmo assim, não é incluído em lógicas como a análise dos benefícios de projetos de melhoria ergonômica.	Origem: registro interno, tabelas externas
Perda de tempo causada por lesão ou doença	Condição: inexistente
Descrição: Apenas se conhece os acidentes ocupacionais que geram perda de tempo, mas não a quantidade de tempo perdida no processo produtivo por qualquer causa.	Origem: inexistente
Prevalência e severidade de lesões e doenças ocupacionais	Condição: existente
Descrição: Em termos de lesões ou doenças ocupacionais os indicadores controlados são: quantidade mensal de acidentes com afastamento dividido por homem/horas trabalhadas. São registradas a quantidade e a tipologia das doenças ocupacionais, bem como as partes do corpo atingidas, as causas, o setor de trabalho, o dia da semana e a hora do dia do ocorrido (no caso de acidente). Este é um indicador utilizado para o mapeamento e controle de aspectos de saúde e segurança no trabalho. Mesmo assim, não é incluído em lógicas como a análise dos benefícios de projetos de melhoria ergonômica.	Origem: registro interno, comparação
Prevalência de dores físicas	Condição: inexistente
Descrição: Não é uma informação controlada pela gestão da empresa. O departamento médico entrevista apenas os trabalhadores que procuram os serviços de saúde.	Origem: inexistente

Figura 3 – Resultados da aplicação do checklist, lógicas e origens das informações não-financeiras

As informações não-financeiras apresentadas até aqui não possuem o objetivo de indicar custos de uma forma direta. Elas devem ser utilizadas em caráter de direcionamento de custos, ou mesmo como indicadores de controle da situação analisada. Isto também pode ser observado nos modelos de Lahiri et al. (2005) e Oxenburgh e Marlow (2005), nos quais as informações como produtividade e absenteísmo por lesão guiam o cálculo de custeio para a análise de uma determinada intervenção ergonômica.

Informações financeiras	Ligados diretamente aos aspectos produtivos
Custo de desempenho abaixo do padrão	Condição: existente
Descrição	Origem: registro interno
Os custos de desempenho do processo produtivo abaixo do esperado são controlados através: do custo de sucata mensal por setor, cujas informações são adicionadas a um histórico de custos desse tipo; da quantidade e custo de sucata mensal por tipo de peça; da variação do custo das peças por produtos produzidos mensalmente. Embora isso não seja realizado na empresa, essas informações poderiam ser utilizadas em uma lógica de estimativa de benefícios financeiros para justificar projetos de melhoria nas condições de trabalho.	
Custo de retrabalho	Condição: inexistente
Descrição	Origem: estimativa de perdas (eventual)
A empresa não conhece os seus custos de retrabalho, apenas relaciona os custos de sucata como um indicador da qualidade do processo produtivo. Eventualmente, auditorias externas estimam os custos de retrabalho.	
Informações financeiras	Ligados diretamente aos aspectos administrativos
Custo de compensação por afastamento	Condição: inexistente
Descrição	Origem: inexistente
Apesar de conhecer as quantidades e tipos dos afastamentos, o setor de Recursos Humanos não possui informações suficientes para calcular o custo de compensação relacionado.	
Custo de contratações	Condição: existente
Descrição	Origem: registro interno, estimativa de perdas
Os custos de contratação, na visão da empresa, são fixos. Eles são compostos basicamente pelos custos fixos de dois analistas contratados e pelo custo variável de consultas psicológicas que só ocorrem durante as contratações. Entretanto, existe uma estimativa de que o custo de cada contratação (que envolve processos de folha de pagamento e de seleção) de um auxiliar de montagem (função mais contratada pela empresa) seja de R\$ 2.436,00. Existe uma característica importante na empresa no que se refere às contratações. A antecipação ou a contratação de pessoal em períodos onde não existe necessidade de novos trabalhadores não é considerada uma perda. Isso se dá pois o tipo especialização do profissional que a empresa necessita é considerado raro no mercado de trabalho. Logo, a empresa contrata trabalhadores sem especialização e os treina e capacita para um eventual aumento súbito de demanda. O custo de contratações está intimamente relacionado com as informações sobre o <i>turnover</i> , e também não é visto como passível de redução através de melhores condições de trabalho na empresa. Logo, qualquer estimativa de benefício financeiro após um projeto em Ergonomia é descartada.	
Custos jurídicos relacionados a doenças ou lesões	Condição: existente
Descrição	Origem: registro interno, tabelas externas
Os custos de processos jurídicos por interdições, multas e indenizações não são inteiramente conhecidos pela empresa. Além disso, são informações consideradas sigilosas e que não podem ser divulgadas em pesquisas.	
Custos de treinamento de novos trabalhadores	Condição: existente
Descrição	Origem: registro interno, estimativa de perda
O custo de treinamento possui uma lógica semelhante aos custos de contratação. São dois analistas contratados que possuem um custo fixo para treinar novos contratados, mesmo que o número varie consideravelmente. Da mesma forma que os custos de contratação, os custos de treinamento foram estimados em R\$2.283,60 para cada	

treinamento realizado. Essa estimativa não considerou fatores considerados importantes pela própria empresa, como o custo da redução nos índices de qualidade devido ao ingresso de trabalhadores novos nos setores produtivos.	
Informações financeiras	Ligados diretamente aos aspectos de saúde no trabalho
Custo de tratamento de lesão ou doença ocupacional	Condição: parcialmente existente
Descrição	Origem: tabelas externas
Um plano de saúde é contratado pela empresa para realizar exames e tratamento em seus trabalhadores. Logo os custos de tratamento, pelo menos para a empresa, são fixos. São feitos contratos de média duração (em torno de 4 ou 5 anos) para o suporte em saúde. Esses contratos possuem fatores de sinistralidade (como número de atendimentos, por exemplo) que ajustam o custo e podem deixar o investimento substancialmente mais alto no caso de elevada demanda. Entretanto, é necessário ressaltar que o departamento de saúde possui poucos indicadores de desempenho e que esses não fazem qualquer relação com os custos de saúde envolvidos. Além deles, existem ainda outros custos que não são conhecidos. O custo de medicamentos, por exemplo, mesmo em caso de lesão ocupacional é pago pelos próprios trabalhadores.	

Figura 4 - Resultados da aplicação do checklist, lógicas e origens das informações financeiras

Além de conhecer todas estas características sobre as informações da empresa, é importante também observar quais são as fontes de origem das informações utilizadas. A Figura 5 apresenta um resumo das informações existentes e parcialmente existentes na gestão da empresa e suas fontes de origem utilizadas.

Estimativa	Perdas: custo de retrabalho, custo de contratações, custo de treinamento de novos trabalhadores Benefícios : produtividade, retrabalho, defeitos e devoluções, dias perdidos
Registro	Tabelas externas: absenteísmo, custo de tratamento de lesão ou doença ocupacional, custos jurídicos relacionados a doenças ou lesões Registro interno: produtividade, retrabalho, defeitos e devoluções, <i>turnover</i> , absenteísmo por lesão ou doença, prevalência de lesões e doenças ocupacionais, custo de desempenho abaixo do padrão, custo de contratações, custos jurídicos relacionados a doenças ou lesões, custos de treinamento Comparação: produtividade, retrabalho, defeitos e devoluções, prevalência de lesões e doenças ocupacionais Questionário: nenhuma informação do <i>checklist</i> teve origem nessa forma na gestão da empresa Entrevista: nenhuma informação do <i>checklist</i> teve origem nessa forma na gestão da empresa

Figura 5 - Informações encontradas na empresa estudada e suas fontes de origem

3.3 Possibilidades de melhoria e sugestões

De posse das características sobre as informações financeiras e não-financeiras colhidas, a SAABEPE prevê sugestões de melhoria para apoiar os modelos ou sistemas de análise financeira passíveis de utilização pela empresa. Estas sugestões se dividem em três categorias de melhorias: nas informações existentes, nas informações parcialmente existentes e nas informações inexistentes.

3.3.1 Melhoria nas informações existentes

As informações existentes, identificadas na gestão da empresa, utilizadas em análises financeiras de intervenções no processo produtivo são: produtividade, *turnover*, absenteísmo, prevalência de lesões e doenças ocupacionais, custo de desempenho abaixo do padrão, custo de contratações, custos jurídicos relacionados a doenças ou lesões e custos de treinamento de novos trabalhadores. Entretanto, apesar de terem um grande potencial para quantificar os possíveis benefícios de um projeto em Ergonomia, elas não utilizadas com essa finalidade. Isso se dá por razões como a falta de especificidade de setores e, principalmente, pela aparente falta de cultura da empresa em analisar de forma quantitativa intervenções nas condições de trabalho.

As informações de produtividade poderiam ser melhor utilizadas caso fossem utilizados também questionários ou entrevistas em cada setor produtivo. Isso poderia evitar a barreira de especificidade da informação, possibilitando que cada situação de trabalho pudesse ser analisada separadamente no caso de um projeto em Ergonomia. De outra forma, as demais informações existentes na empresa têm condições de serem utilizadas como base para a quantificação financeira de projetos em Ergonomia. A sugestão é que se realizem estudos piloto sobre os custos com possibilidade de redução em setores ou departamentos escolhidos pela empresa.

3.3.2 Melhoria nas informações parcialmente existentes

Algumas das informações encontradas foram consideradas como parcialmente existentes, pois não fazem parte da gestão da empresa, embora possam ser calculadas a partir de outras informações como: dias perdidos de trabalho, retrabalho, defeitos e devoluções e custo de tratamento. Neste caso, o custo de tratamento é fixo, segundo a visão da empresa. No entanto, as informações sobre os custos da correção do plano de saúde contratado não são

consideradas. O problema é que, além de não conseguir analisar os custos de tratamento por problemas de saúde, que podem ser reduzidos com projetos em Ergonomia, não existe especificidade de setor, pois esse controle é totalmente externo. Neste caso, a empresa deveria solicitar informações do plano de saúde de forma sistemática e constante para que pudesse identificar os desdobramentos de problemas de saúde ocupacional e construir um programa de prevenção mais bem embasado.

3.3.3 Melhoria nas informações inexistentes

Por fim, são apresentadas algumas informações que constam na SAABEPE, mas que não são utilizadas ou mesmo conhecidas pela empresa estudada. As informações inexistentes são: horas-extra, tempo de ciclo das tarefas, perda de tempo, prevalência de dores físicas, custo de retrabalho e custo de compensação por afastamento.

A ausência de informações sobre a prevalência de dores físicas é causada pela falta de utilização das reclamações de dor na empresa, especialmente no departamento médico. Reside aí uma grande oportunidade de melhoria, pois o registro dessas informações de trabalhadores que procuram o departamento médico pode desencadear programas de identificação e prevenção do presenteísmo.

Dentre as informações inexistentes, talvez a mais relevante, para a quantificação de benefícios da Ergonomia, seja o custo de retrabalho. O impacto da falta desse tipo de informação na análise de benefício-custo de um projeto em Ergonomia pode ser determinante para bloquear o seu sucesso. E essa lógica toma uma proporção maior se forem consideradas as características da indústria metal mecânica que, pelo tipo de processo produtivo, possui níveis importantes de retrabalho. A empresa estudada possui informações sobre defeitos, devoluções e quantidade de sucata, mas nenhum dado sobre retrabalho existe. Logo, recomenda-se a implantação dessa informação, que pode ser obtida através de estimativa de benefícios e registro interno. Obviamente, o registro é sempre mais dispendioso que a estimativa, mas esta última já seria suficiente para a análise de benefício-custo de um projeto em Ergonomia. Uma alternativa seria a criação de grupos de discussão para estimar a quantidade de retrabalho em cada setor.

3.3.4 Fechamento

Como fechamento das considerações das considerações a respeito da aplicação, a seguir são apresentados os principais pontos de melhoria sugeridos e resumidos na Figura 6.

Melhoria sugeridas	Características presentes	Exemplos de melhoria
Maior especificidade das informações existentes	Níveis de produtividade, por exemplo, estão ligados à setores que possuem diversidade em suas condições de trabalho	Implantação de sistema de informações sobre a produtividade de determinadas linhas ou células de produção
Utilização de questionários e entrevistas para informações de produtividade	Apenas entrevistas informais e sem sistematização sobre saúde são colhidas	Entrevistas estruturadas e questionários rápidos como origem de informações de saúde, produtividade e qualidade
Estudos piloto para redução de custos em setores escolhidos	Não se observa esse tipo de estudo com a perspectiva da Ergonomia na empresa	Seleção de setor e planejamento de intervenções pontuais com controle de custos para teste de melhorias
Solicitar informações ao plano de saúde	A variação do custo do plano de saúde conforme a sinistralidade é conhecida	Obtenção de informações mensais sobre os tipos específicos e os custos de cada tratamento ou exame de saúde
Criação de grupos de discussão para estimar retrabalho e seus custos	Grupos de discussão técnica já existem, mas são focados na busca das causas dos problemas	Inserção de estimativas de custo para retrabalho observado pelo grupo de discussão

Figura 6 - Melhorias sugeridas a partir dos resultados do estudo de caso

4. DISCUSSÃO

O objetivo deste artigo foi indicar melhores condições de informação para facilitar a realização de análises de benefício-custo mais completas de projetos em Ergonomia, através de uma sistemática de apoio. Para tal, uma empresa da indústria metal-mecânica foi utilizada como um estudo de caso, onde se propôs condições para que projetos voltados à Ergonomia pudessem ser analisados da mesma forma que projetos de outras áreas.

A empresa, principalmente seus gestores, parece desconhecer a possibilidade de utilização das informações tratadas nesse estudo para justificar projetos e investimentos em Ergonomia. Isso foi evidenciado pela falta de utilização para esta finalidade de informações

disponíveis. Muito embora todos os entrevistados se mostrassem favoráveis às sugestões dadas e indicassem um grande potencial de benefícios financeiros para a empresa.

O nível de informação disponível encontrado mostra que existem condições para realização de uma análise mais aproximada da realidade, no que se refere a custos de problemas ocupacionais passíveis de controle através de soluções ergonômicas. Entretanto, é necessário que se tenha em mente que as informações presentes nesse estudo pertencem a metodologias de pesquisas publicadas na literatura internacional e que, muitas vezes, essas informações não são utilizadas na gestão da empresa sob a perspectiva da Ergonomia, como foi visto no caso apresentado.

Em todas as etapas da aplicação buscou-se seguir o que é proposto na SAABEPE e alguns padrões da literatura afim, por exemplo: alguns representantes da empresa foram escolhidos para colaborar na pesquisa, e ainda os setores representados (custos, produção, recursos humanos, segurança e meio ambiente, qualidade e departamento médico) que se assemelham aos setores propostos por Grozdanovic (2001).

Em relação às possíveis lógicas de origem das informações chama-se atenção para a ausência total da utilização de questionários e entrevistas. A literatura internacional apresenta exemplos dessa utilização para controle de informações como Driessen et al. (2008) e Kerr et al. (2008), não só em termos de pesquisa, mas também como ferramenta da gestão de problemas ocupacionais.

Uma das dificuldades encontradas foi a falta de especificidade das informações, em termos de separação de setores, postos e condições de trabalho. Sabe-se que um conjunto mais completo de informações poderia proporcionar quantificações e cálculos mais fidedignos (Grozdanovic, 2001). Todavia, a barreira da coleta dessas informações não é exclusiva da Ergonomia, todas as disciplinas envolvidas com a gestão de processo produtivo dividem o mesmo problema (Rouse; Boff, 1997).

Algumas particularidades das informações verificadas na empresa demonstraram uma possível fraqueza da sistemática. Informações sobre os custos de contratação, por exemplo, são retratadas na literatura como um indicador que pode ser reduzido se houver uma menor taxa de *turnover*, que por sua vez pode ser atingida através da realização de projetos em Ergonomia (Seeley e Marklin, 2003; Kerr et al. 2008). Entretanto, os custos de contratação podem ser vistos como inerentes ao processo da empresa. No caso estudado, as

contratações se davam mais por uma questão técnica, como necessidade de treinamento de mão de obra, do que um indicativo de muitas demissões por condições de trabalho desfavoráveis. Logo, esses detalhes devem ser observados no momento da entrevista como o responsável pela informação.

As sugestões de melhoria seguem as práticas propostas pela SAABEPE e estão de acordo com estudos publicados nessa área. Entretanto, deve-se questionar estas ações de melhoria sob alguns aspectos. A viabilidade de implantação de uma melhoria como a utilização de questionários e entrevistas para informações de produtividade é um destes aspectos. Determinar quais mudanças são necessárias e quem precisa se envolver, para que isto seja possível, é algo que deve ser discutido pela empresa, principalmente nestes casos que se deparam com a barreira do custo da própria informação necessária. Por outro lado, os possíveis benefícios desta melhoria devem estar mais bem delineados para que não haja um julgamento precipitado destas ações.

Cabe observar também que este estudo foi realizado em uma empresa de grande porte, com departamentos e sistemas de gestão consolidados e de complexidade elevada. Mesmo que tenham sido evidenciadas diversas oportunidades de melhoria, a empresa possui condições de implantar novos indicadores ou modificar a utilização dos já existentes. No caso da sistemática ser aplicada em outro tipo de empresa, com características de menor porte, com menos gestores e pouca utilização de indicadores, talvez os resultados tivessem sido aquém do esperado. Neste caso, provavelmente seria necessário priorizar as ações de melhoria e criar um planejamento em longo prazo, para que desta forma fosse possível possuir informações preparadas para as análises de projetos ergonômicos. Por outro lado, como o investimento em empresas de pequeno porte é muitas vezes baixo, poucas informações seriam necessárias para uma análise que pudesse apresentar justificativas financeiras aceitáveis.

Embora a sistemática utilizada possua suas limitações, o impacto da falta de informações organizadas sobre quantificação dos benefícios continua sendo umas das principais barreiras para o desenvolvimento de um maior interesse pela Ergonomia, e qualquer tentativa para reverter este quadro deve ser vista como um avanço para a área.

5. CONCLUSÃO

Este artigo se utilizou de uma sistemática de apoio para indicar melhorias na utilização de informações necessárias para análises de benefício-custo de projetos em Ergonomia. A empresa estudada apresentou muitos tipos de informações disponíveis, porém, com pouca ou nenhuma finalidade para o tipo de análise que se buscava. Sugestões para uma melhor utilização destas informações foram realizadas buscando facilitar a quantificação dos benefícios financeiros e, conseqüentemente, justificar projetos para melhoria das condições de trabalho. A continuidade de pesquisas nesta área é necessária, visto a pouca utilização da sistemática e a necessidade constante de apresentar a Ergonomia como uma disciplina rentável.

REFERÊNCIAS

- Andersson, E. R. (1992). Economic evaluation of ergonomic solutions: Part II – The scientific basis. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 10, 173-178.
- Beevis, D; Slade, I.M. Ergonomics - costs and benefits. (2003). *Applied Ergonomics*, 34, 413-418.
- Driessen, M. T.; Anema, J. R.; Proper, K. I.; Bongers, P. M.; van der Beek, A. J. (2008). Stay@work: participatory ergonomics to prevent low back and neck pain among workers: design of a randomized controlled trial to evaluate the cost-effectiveness. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9:145.
- Goossens, M. E. J.; Evers, S. M. A. A. (1997). Economic evaluation of back pain interventions. *J Occup Rehabil*, 7, 1, 15-32.
- Grozdanic, M. (2001). A framework for research of economic evaluation of ergonomic interventions. *Economics and Organization*, 1(9), 49-58.
- Hendrick, H. (2003). Determining the cost-benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success, *Applied Ergonomics*, 34 , 419-427.
- Kerr, M. P.; Knott, D. S.; Moss, M. A.; Clegg, C. W.; Horton, R. P. (2008). Assessing the value of human factors initiatives. *Applied Ergonomics*, 39, 305-315.
- Lahiri, S.; Gold, J.; Levensteins, C. (2005). Net-cost model for workplace interventions. *Journal of Safety Research*, 36, 241-255.
- Looze, M. P.; Vink, P.; Koningsveld, E. A. P.; Kuijt-Evers, L.; Van Rhijn, G. J. W. (2010). Cost-effectiveness of ergonomic interventions in production. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Services*, (0), 1-8.

- Morse, M.; Kros, J. F.; Nadler, S. S. (2009). A decision model for the analysis of ergonomic investments. *International Journal of Production Research*, 47(21), 6109-6128.
- Nelson, N. A.; Hughes, R. E. (2009). Quantifying relationships between selected work-related risk factors and back pain: A systematic review of objective biomechanical measures and cost-related health outcomes. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39, 202-210.
- Neumann, W. P.; Dul, J. (2010). Human factors: spanning the gap between OM and HRM. *International Journal of Operations ; Production Management*, 30, 9, 923-950.
- Oxenburgh, M. S. (1997). Cost-benefit analysis of ergonomics programs. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 58, feb, 150-156.
- Oxenburgh, M.; Marlow, P. (2005). The productivity assessment tool: computer-based cost benefit model for the economic assessment of occupational health and safety interventions in the workplace. *Journal of safety research – ECON proceedings* 36, 209-214.
- Riel, P. F.; Imbeau, D. (1997). The economic evaluation of an ergonomic investment for preventive purposes: a case study. *Journal of Safety Research*, 28, 3, 159-176.
- Rouse, W. B., Boff, K. R., 1997. Assessing cost/benefits of human factors, in: Salvendy, G. *Handbook of human factors and ergonomics*. John Wiley ; Sons, 2nd ed, New York, pp. 389-401.
- Seeley, P. A.; Marklin, R.W. (2003). Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility. *Applied Ergonomics*, 34, 429-439.
- Silva, M.P. (2012). Sistemática de apoio para análise de benefício-custo de projetos em Ergonomia (SAABEPE). Tese de doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
- Simpson, G. C. (1990). Costs and benefits in occupational ergonomics. *Ergonomics*, 33, 3, 261-268.
- Tompa, E.; Dolinschi, R.; Oliveira, C.; Amick III B.C.; Irvin, E. (2009). A systematic review of workplace ergonomic interventions with economic analyses. *Journal of Occupational Rehabilitation*, nov.
- Yeow, P.H.P.; Sen, R. N. (2006). Productivity and quality improvements, revenue increment, and rejection cost reduction in the manual component insertion lines through the application of ergonomics. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36, 367-377.

CONCLUSÃO

A necessidade da apresentação dos benefícios de projetos em Ergonomia, não apenas com uma perspectiva técnica, mas também sob uma ótica econômico-financeira, é um tema que se mostra relevante tanto pela quantidade de publicações científicas quanto pelas demandas empresariais para justificar investimentos. A problemática em torno disso reside nas dificuldades para quantificar estes ganhos e proporcionar análises de custo-benefício mais condizentes com a realidade dos desdobramentos após uma melhoria nas condições de trabalho de determinada empresa.

O objetivo geral desta tese foi propor uma sistemática que pudesse apoiar e facilitar as análises de benefício-custo de projetos em Ergonomia. Tal objetivo se justificou pela lacuna encontrada na literatura científica da área, no que tange a necessidade de obter e de organizar informações com a finalidade de embasar decisões de investimento em Ergonomia nas empresas, isto tanto pela busca na redução de perdas quanto para profissionais na área da Ergonomia, nas tentativas para justificar economicamente as recomendações de melhores condições de trabalho.

A problemática das dificuldades de quantificação dos benefícios vinculados ao não custo ligado ao trabalhador e ao processo produtivo, oriundos de melhorias ergonômicas nas condições de trabalho, foram tratadas no primeiro artigo desta tese. Foi evidenciado que essas perdas financeiras devido a problemas passíveis de soluções ergonômicas se mostram relevantes do ponto de vista empresarial e que existe uma lacuna em relação à padronização ou organização mínima de determinadas informações que deveriam ser consideradas em uma análise sob essa perspectiva.

No segundo artigo, um estudo de caso indicou que algumas características de um local de trabalho devem ser consideradas na tentativa de solucionar a problemática apresentada no primeiro artigo. As necessidades ergonômicas de melhoria, bem como a identificação de influências externas aos postos de trabalho ou área física onde se realiza uma análise das condições de trabalho estão entre essas características. Também se observou que a ausência de uma cultura de prevenção é um impedimento maior do que a própria falta de informações para a análise financeira dos projetos.

Com estes resultados parciais e após uma extensa revisão das publicações científicas da área, o terceiro artigo desta tese sintetizou as informações sobre o tema e elaborou um modelo conceitual, tratando da organização de informações sobre a quantificação dos benefícios financeiros de projetos ergonômicos. O modelo conceitual pode ser utilizado como um guia sobre as informações, fontes ou origem e lógicas que devem ser consideradas em futuras análises financeiras de intervenções ergonômicas.

Já a existência e utilização destas informações por empresas foram tratadas no quarto artigo apresentado nesta tese. Nele, verificou-se dois casos indicando a existência de informações suficientes para analisar e quantificar adequadamente os benefícios esperados. Porém, a possibilidade de sua utilização para justificar intervenções de melhoria ergonômica não é nem sequer conhecida por seus gestores.

Buscando uma forma prática de aplicação deste conhecimento em empresas, o quinto artigo apresentou uma abordagem de sistemática de apoio para melhor quantificar os possíveis benefícios de projetos em Ergonomia e também proporcionar uma análise de benefício-custo mais completa. Tal abordagem, denominada de SAABEPE, é constituída de passos práticos para o levantamento da realidade da empresa em termos de lógicas de utilização das informações pertinentes, bem como uma consequente lista de sugestões de melhoria. Com isso, a sistemática preencheu uma lacuna importante da literatura, principalmente na viabilização e na sistematização das informações, no sentido de preparar as tomadas de decisão com relação aos projetos de Ergonomia frente a outros de natureza distintas desenvolvidos nas empresas.

Por fim, o sexto e último artigo apresentou uma aplicação da SAABEPE em uma grande empresa. Neste caso, o contexto da empresa estudada revelou muitos tipos de informações disponíveis; no entanto, com pouca ou nenhuma finalidade para o tipo de análise que se buscava. Partindo deste cenário, sugestões de melhoria foram propostas com o objetivo de construir indicadores mais completos e que facilitassem a representação dos benefícios de projetos de Ergonomia. Tal procedimento indicou a exequibilidade da aplicação da sistemática.

No desenvolvimento desta tese de doutorado houve o cuidado para que um encadeamento lógico entre os seis artigos estivesse presente e pudesse representar o avanço teórico a partir do problema de pesquisa inicial. Esta lacuna na literatura diz respeito às

formas de enfrentar as barreiras que impedem a quantificação financeira de benefícios esperados em projetos de Ergonomia. Todos os passos metodológicos presentes nesta tese foram direcionados para representar esta problemática na literatura e na prática, bem como para indicar alternativas que permitam às empresas análises de viabilidade mais robustas de intervenções, tão necessárias como as de melhoria nas condições de trabalho propriamente ditas. Desta forma, encerra-se este trabalho com a consciência de que mais avanços e exemplos de sucesso da aplicação da Ergonomia são necessários na literatura e em campo, para que a prática empresarial possa evoluir neste sentido, buscando soluções para antigos problemas produtivos pela falta de adaptação do trabalho ao trabalhador.

APÊNDICE A

Difficulties in quantifying financial losses that could be reduced by ergonomic solutions

MARCELO PEREIRA DA SILVA, FERNANDO GONÇALVES AMARAL, HENRIQUE MANDAGARA e BERNARDO HENRIQUE LESO

Industrial Engineering and Transportation Department, Engineering School, Federal University of Rio Grande do Sul, Avenue Osvaldo Aranha n° 99, 5° floor, CEP 90035-190, Porto Alegre, Brazil

ABSTRACT

There is currently a significant amount of discussion regarding new ways to insert ergonomics into the business community through adding financial benefits; however, analysis must be performed to justify this type of investment. Occupational problems that could be reduced by ergonomics solutions can be expressed as financial losses. Although the impact and importance of these losses are high, the difficulties in their quantification prevent adequate cost-benefit analysis. This article aims to document evidence of the difficulties encountered when quantifying the financial losses that are caused by problems that could be reduced by ergonomic solutions. In this study, we performed a literature review concerning the financial costs that are related to occupational problems from the perspective of ergonomics. The results indicate that the losses that occur mainly concern the productivity of the working process or the workers. The chief barriers that are documented in the scientific literature are the information cost, the multifactorial nature of the problem, the absence of information and the methods of measurement.

KEYWORDS: financial losses; quantification; cost-benefit; ergonomics solutions

1. INTRODUCTION

Ergonomics is often exclusively applied to efforts for the control and prevention of health problems and occupational safety. However, in a practical and real sense, it is, besides a scientific multidisciplinary subject, a technology in search of improvements that considers all of the facets of human performance at work. Therefore, it is not limited only to health, safety and comfort but also includes subjects such as the quality improvement of products or the reduction of mistakes in a manufacturing process (Alexander ; Albin, 2003). Authors such as Rowan and Wright (1994), Kerr et al. (2008) and Dul and Neumann (2009) discuss a new way to insert ergonomics into the business community. They consider adding the benefit of this subject to the process of justifying investments in ergonomics. To realize this approach, they started from the principle that a limited vision of ergonomics attributes is not desirable,

and a limited view should not be the main basis for the application of ergonomics in organizations.

One of the most important points of this discussion is the need for economic justification in ergonomics applications. In general, companies do not approve programs that require a large investment without looking for significant results; these results document and reflect whether a project has succeeded or not (Kirwan, 2003). According to Jenkins and Richards (2001), the key to the success of justifying an ergonomics project is the approval of management, which is obtained by incorporating all of the costs and benefits that impact a specific project into the analysis. The purpose of an economic analysis of an Occupational Health and Safety (OHS) intervention is to determine whether the investment of making improvements is profitable, in the short or long term. If the analysis results are favorable, then the company should be interested in such an intervention. In truth, the mere fact of making the company aware of the profit possibilities would most likely be sufficient to justify solutions for numerous problems, such as those related to OHS (Lahiri et al., 2005, a). Although there are relatively few publications regarding the economic analysis of ergonomics-related activities, the studies that have published these analyses describe positive economic effects, such as the reduction of unnecessary expenses for health and compensation for absences and reworks (Schneider, 1985; Aarås, 1994; Schneider, 1998; Spiegel et al., 2002; Sommerich, 2003; Collins et al., 2004; Audrey et al., 2006; Driessen et al., 2008).

Alexander and Albin (2003) assert that the greatest difficulty justifying ergonomics, from an economic point of view, is that the apparent benefits do not overcome the setup costs. They suggest that the lack of a complete (or nearly complete) analysis and real calculations of the benefits is still the barrier that prevents or hampers this justification.

The aim of this article is to document evidence of the difficulties that are faced when quantifying financial losses from problems that could be reduced by ergonomic solutions. This study performs a systematic review of the scientific literature concerning the financial costs that are related to occupational problems from an ergonomics perspective. Among the databases that were researched are Google Scholar, PubMed, Academic Search Premier, CINAHL, and other specialized journals in ergonomics and human factors. The review was based on a search, in English, of the term *ergonomics* associated with other terms such as costs, losses, economy and occupational. The title and the summary of each article were analyzed to determine the importance of the subject. Those articles that did not meet the proposed focus (e.g., studies about the energetic cost of certain activities) were excluded. Furthermore, the reference lists of articles found in the databases were used in the search to obtain other relevant studies.

2. FINANCIAL LOSSES

A difficulty for researchers and practitioners of ergonomics is to manage different perspectives, with differences arising between themselves and their clients in the business world. For the latter group, an attractive business case usually prevails over the benefits of the most recommended ergonomic interventions, such as the reduction of risks, mistakes and accidents. The arguments for any ergonomic intervention need to be expressed in business language and, therefore, must focus specifically on the financial costs that are incurred as

compared to the costs that are prevented. For the present study, the financial loss was considered to be any type of measurable financial loss associated with occupational problems. These problems cover factors that are related to existing working conditions in companies, which are normally targets for ergonomic improvements (Hendrick, 2003; Seeley ; Marklin, 2003; Kerr et al., 2008).

The definition of the factors that should be considered in an economic analysis of occupational problems is linked to the type of financial cost involved. According to Andersson (1992), the quantification of losses linked to occupational problems is normally divided into direct and indirect losses. The direct losses are those losses that can be easily related to the production of a unit and commonly include direct work (wage, for example) and materials used. Indirect losses are the losses for which this relationship is not possible, such as absenteeism and turnover costs. In this study, the division of financial losses will be discussed in terms of the closest cause that is related to the worker or to the process; moreover, considering the variability of legislation in different countries and regions, factors such as fines and penalties for disregarding the law will not be included in this study.

2.1. Financial losses related to the worker

Financial losses directly related to workers are mainly connected to health. The lack of adaptation to work conditions contributes to an increased risk of diseases and occupational injuries, which can generate many financial losses for companies. The impact and quantification of these losses, which involve occupational health problems and absenteeism, will be considered specifically next.

2.1.1. Injuries and diseases

A working environment that is well-adapted to the workers' welfare reduces the risk of occupational diseases but also derives economic benefits and avoids financial costs associated with health (Nelson ; Hughes, 2009). Risk indicators, such as the following, can be identified for financial losses associated with occupational diseases: repetitive strain, high workload, unfavorable posture and the exposure to unfavorable environmental conditions. With respect to these types of risk indicators, it is possible to consider the economic impact of occupational problems. An analysis of the burden that these problems can generate (Lowe, 2003) indicates that the number of financial costs incurred, such as workers' compensation, hiring, and training and overtime, is substantial. Moreover, this result is endorsed by the argument that costs are avoided by temporary workers and reworks as well as by rehabilitation and training. These are the direct results of a working environment that is in line with human capacities and human needs. Since the 1980s, companies have considered the financial impact of the care of a worker's health. Stamper (1987) illustrated the case of Boeing and other companies, which indicated that prevention could be based on promoting workers' health and physical conditions. In a study at Volvo, Wallin (1987) developed a method to evaluate the effects of a work organization on workers' health and welfare as well as the financial losses involved. The study of Mital and Ghaharamani (1994), using a seven-year database from AT&T, demonstrated a decline in the rates of occupational injuries after

setting up better practices for ergonomics and occupational health. The rate used in the study was stratified by work sector, gender, age, injured parts of the body, types of injury, working days lost or restricted, and types of incident (e.g., manual maintenance, repetitive strain, falls, and knocks). However, these studies did not detail the quantification of financial losses that were associated with injuries and absenteeism.

Other indicators were presented by Nelson and Hughes (2009) to estimate the costs and benefits of interventions and to prevent occupational low back pain and related risk factors. Among these indicators were visits to the medical department, compensation for lumbar injury, time wasted because of lumbar injury, indexes of occupational diseases, absenteeism because of diseases and the relative risk of absenteeism.

Dempsey and Hashemi (1999), through an insurance company database, performed documentary research and reached the conclusion that, considering the costs of treatment, compensations and bureaucratic processes, the financial loss that is specifically related to manual handling injuries that occur only in the lumbar part and upper limbs causes more than 70% of these costs. However, this study did not consider the financial losses related to other aspects that are also affected by a worker's absence, such as productivity.

On the other hand, in an Australian study, Carrivick et al. (2005) researched a cleaning crew of 137 people who were responsible for a large hospital. In a participatory way, ergonomics was used to attempt to reduce the risk of injury by manual handling. In this study, indicators were considered, such as the compensation costs (wage, medical costs, legal costs, travel expenses, rehabilitation costs and costs with legal agreements) and lost working time (stratified by diseases). With data from four years before the intervention and from three years after, the compensation costs were reduced in 62% of the cases and the lost working time was reduced in 35% of the cases.

In the scope of injuries and diseases in general, it is also possible to use health cost registration to make references to improvement projects. Average losses concerning occupational losses such as Work Related Muscle Disorders (WRMDs), for example, can be initially used to justify investments in analysis and in ergonomic interventions with pilot programs in hazardous locations (Alexander ; Albin, 2003).

2.1.2. Absenteeism

Absenteeism is one of the most complex problems described in the present study, mainly due to the difficulty of loss quantification. There are multiple causes of absenteeism, and their outcomes generate problems in many areas. The consensus in the scientific literature points to the need to avoid high levels of absenteeism, and favorable working conditions are essential for this goal.

According to Abrahamsson (2000), changes in the working environment can reduce the absenteeism rate. Workstation layout changes and other favorable measures to improve the environment make workers feel more comfortable and willing to face their working routine with a better disposition. In this type of situation, the incidence of absences from work

is decreased and, according to Kim et al. (2004) and Dul and Neumann (2009), direct costs that interact with absenteeism are also reduced.

In the replacement of workers who are absent (by disease or not), there are always additional costs, whether other workers work overtime or even new workers are hired (including temporary workers). Beyond these losses, we should also consider that the absent worker usually receives a financial compensation, which corresponds to his/her normal cost (man-hours) in stable situations (Alexander ; Albin, 2003; Morgan ; Chow, 2007). According to Brouwer et al. (2002), losses with compensation for productivity diminution are inherent in absenteeism. With impaired and absent workers, the company turns to means such as overtime or temporary hiring to level its production. To identify direct financial losses that could be avoided with an ergonomic intervention in a hospital, Engst et al. (2005) compared pre- and post-intervention losses. Such indicators considered compensation and health treatment losses from absent workers. Indirect costs were estimated at twice the direct costs, including benefits such as turnover reduction, lost time reduction in the process of hiring and training, and even an increase in the workers' morale.

When the absence of a worker occurs because of a health problem, additional costs also include managers. The main costs, in this case, are related to the time necessary for the extra tasks of supervision related to this situation, such as time to accompany inexperienced workers, bureaucratic processes related to the removed workers, and changes in work organization (substitution schedule, for example) (Alexander ; Albin, 2003).

In addition to compensation losses, it is also important to observe and identify the difference between productive losses that are caused by a performance reduction in the sick worker and those losses that are caused by a worker's absence from the company. Thus, it is possible to simulate scenarios and to map strategies in which it will be preferable to grant some days off for those workers, with the intention that they recover and avoid working with low efficiency (Brouwer et al., 2002). Both types of losses cause important costs, but the productivity reduction from a lack of attendance is considered difficult to measure (Brouwer et al., 2002; Dahlén ; Wemersson, 1995).

2.2. Financial losses related to production processes

Unfavorable working conditions and tasks without suitable planning contribute to an increase in the incidence of productivity and quality problems, which can be translated into financial losses. The impact and form of the quantification of losses from these problems with respect to productive processes are explained below.

2.2.1. Productivity

From an economic point of view, productivity can be defined as the ratio of output quality and quantity to input quality and quantity (Saari, 2006); its measurement is commonly used in manufacturing. In the services sector, there are characteristics that make this analysis more difficult. Consumer participation during processing and customization, for example,

makes it more difficult to assure high quality. Therefore, there are input and output variations that complicate the measurement of productivity (McLaughlin ; Coffey, 1990).

Authors such as Jenkins and Rickards (2001) argue that the productivity cost calculation is based on costs regarding the current scenario “A” and the ideal scenario “T”. Subtracting A from T, we have the difference, which represents the loss from a non-optimized situation. This productivity calculation can also be used to provide evidence for the impact of ergonomic actions in a company, although indicators that define the losses can be difficult to establish and relate to the productivity of the process.

Yeow and Sen (2006), Abrahamsson (2000), and Falck (2008) indicate that there is a financial impact from improvements in productivity that result from changes in the ergonomic conditions of the working situation. In fact, the advance in ergonomic conditions is considered to be inherent to the workers’ welfare. However, to attend to this context economically, the authors discussed methods for quantification of productivity in terms of financial costs. Among them are cost determination, the relationship between costs and the economic benefits of ergonomics, and methods that consider different periods of time between the costs and benefits.

Dul and Neumann (2005) focus on the increase in direct and indirect costs due to inadequate ergonomic situations. Direct costs can be understood as those related to sickness absenteeism; in contrast, indirect costs are the costs that are related to a productivity loss caused by unfavorable working conditions. Indirect costs can be larger than direct costs but they are not usually measured. As an example, the authors offer the experience of a Dutch company that develops, assembles and sells emergency light bulbs. After an ergonomic intervention in the working environment that changed the production process, productivity increased 69% in terms of products per person per day.

Wink et al. (2002) studied bricklayers’ workload reduction and observed that the number of bricks laid in a day was used as an indicator of productivity. After the intervention of ergonomic improvements, it was verified that there was a reduction of 15% in the workload and an increase of 10% in productivity. Based on the methodology used, it was recommended that, for the efficiency calculation of an ergonomic intervention, it is best to use the same parameters that managers use to evaluate the performance of processes.

According to Brouwer (2002) the period before and after an illness, occasions on which a worker may not be completely willing to perform at work, has, in at least 30% of the cases, corresponded to a drop in worker performance. The author also presents a percentage analysis of productivity reduction, concluding that there is a 25% loss before the worker leaves his work in cases of absence due to illness. After the return to work, a 20% loss also exists; however, both values are not included in most of the calculation methods.

As previously mentioned, some losses are caused by a decrease in job performance because of the presence of health problems. This phenomenon is called presenteeism and is considered a second main component of productivity measurements. Presenteeism measures the “decrease in productivity for the much larger group of employees whose health problems have not necessarily led to absenteeism and the decrease in productivity for the disabled group before and after the absence period”. Thus, presenteeism is often measured as the costs that are associated with a reduced work output, errors on the job, and a failure to meet company production standards (Schultz; Edington, 2007).

2.2.2. Quality

Financial losses due to quality defects of products, which are caused by problems in the performance of a task, are also discussed in research studies (Abrahamsson, 2000). This concern is presented as an indicator of the need for better ergonomic conditions, mainly because of the high cost of reworks of defective products resulting from errors at the end of the production line. A study in a car assembler analyzed this type of error, comparing different situations of conditions and physical workloads. The results indicated that most of the quality problems occurred in situations with high or medium physical risk, therefore causing higher costs for rework and rejection (Falck, 2008; Falck, 2010).

Abrahamsson (2000) expressed something similar in a study on the economic impacts of working conditions in steelworks industry after an improvement project. A new and better environment made it possible for the steel to be produced with better quality and efficiency and reduced the number of absences and occupational injuries.

A problem with regard to the absence of a worker is the relative decrease in productivity that results from the absence, which has a substantial economic impact. Because fixed costs (e.g., overhead) stay unchanged, there is an impact from a decrease in productive activity at the affected workstation. In this context, in cases in which the worker is replaced, it is common to have a decrease in the quality of the products processed because of the possibility of a lack of experience or adequate training of the replacement. Such a change in quality also generates additional costs when the risk of errors is increased, producing more reworks and more rejections (Alexander ; Albin, 2003).

In one of the cases analyzed by Vink et al. (2002), the ergonomic intervention in an assembly line did not result in an increase of productivity as expected, with the productivity measured by the release of finished products at the end of the assembly line. However, the indexes of quality defects, rework and rejection were reduced considerably, which underlines the importance of this indicator in the assessments of losses from ergonomic sources.

3. DIFFICULTIES IN QUANTIFICATION

Ergonomic assessments are relatively simple and quick to complete when the focus are technical working environments. The main difficulty is in the demonstration of the costs that are involved and the profitability of a possible intervention for the proposed improvement. For example, noise in many industries is a big environmental problem, but it can be reduced through measures of acoustic protection. How much does this intervention represent in terms of improvements in productivity and, therefore, in earnings for the company, to offset the investments? It is difficult to measure this result (Beevis ; Slade, 2003). The economic justification for ergonomics will depend on determining many cost factors.

Many studies in the literature have concentrated on ways to obtain management support for undertaking an ergonomics project. Beevis and Slade (2003) affirm that a solution is to perform a comparison between the cost to remedy an eventual problem and the inherent

costs of the unaltered process, or, according to Beevis (2003), make an evaluation based on risks that can be avoided.

During the examination of the articles included in this review, we attempted to identify the indications, given by the authors, of any type of problem that hinders or prevents an accurate quantification of the financial losses related to occupational problems. Such difficulties found were grouped according to their main features and are presented as follows.

3.1. Information cost

The first barrier that hinders the access to important data required for the calculation of economic analysis is the information cost. In the context of ergonomics, to calculate specific financial costs or gains coming from investments in working conditions depends on the amount and quality of the available information.

To conduct a prospective study about costs and benefits around an ergonomic intervention, it is necessary to access the company's information and specific systems (Falck et al., 2008). Sommerich (2003) states that more specific calculations, in this context, depend on the type of information that is already available at the company. Obtaining the relevant information can be difficult because the available information is not always sufficient. Any extra data that is necessary to the calculation incurs a cost, which results in a barrier to projects on ergonomic improvements.

A study about low back pain was performed in the US, together with WHO, in which a simulation was used to infer information over a period of 100 years. The purpose was to map the relative cost-effectiveness of some ergonomic interventions, and this methodology was necessary to overcome the barrier of information cost (Lahiri et al., 2005, b).

Abrahamsson (2000) discusses some methodological problems involving the use of health and safety information. The costs of selecting detailed data and calculating effects (costs and benefits) are not exclusive for ergonomic investments that are initiated by occupational problems. Therefore, the cost of obtaining the data that are needed for calculating the attractiveness of the investment would not necessarily be a barrier for ergonomic improvement projects. Moreover, it is not unusual to accept estimated values and subjective guesses in situations known to companies.

3.2. Multifactorial aspects and simplifications

Another difficulty involved in obtaining data for the calculation of financial losses of occupational problems is the absence of direct and located causes. Almost all of the problems that arise from working relations can generate financial losses for the company. The factors that cause the problem may or may not be known and may or may not have a quantitative nature. In many cases, this issue becomes an impediment because of the impossibility of obtaining an acceptable economic representation of the problem and its possible solutions.

Considering the wide range and complexity of the causal factors that determine costs and benefits of occupational problems and their corresponding possibility for ergonomic solutions, some studies (e.g. Grozdanovic, 2001; Hendrick, 2003; Abrahamsson, 2000) use

methods of analysis that are more original and general. Identification of financial losses for cost-benefit analysis has, as its main problem, the fact that many indicators (mainly the qualitative ones) cannot be translated into monetary values. Grozdanovic (2001) says that this restriction requires the association of other assessment approaches because the use of only one method for cost-benefit analysis may not correctly assess the situation. According to Hendrick (2003), the approval of an ergonomic intervention project by the management of a company depends not only on having an attractive technical proposal but also on having a cost-benefit analysis that is interesting and that justifies the project. Although this type of approach has proved to be efficient considering the chosen indicators, there are still difficulties that can make the analysis simplistic and nonspecific.

In the study by Abrahamsson (2000), research, observations and questionnaires were conducted to identify changes in the system and their relative costs in assessing the environmental changes in a steelworks company after an intervention. The follow-up on the effects of the changes in the workers' working environment was considered quite simple to achieve. However, in terms of the effects on production, the follow-up of the system proved to be simplistic and unspecific. The departments affected one another, and it was not always possible to find reasons for variations in the costs of processes.

Lowe (2003) states that the use of estimated methods is not precise; it underestimates the costs of the WRMDs and can be seen as a problem in the assessments. This problem occurs in the analysis of health costs but also occurs in other situations, such as the analysis of unhealthy working environments. For example, this problem occurs when a solution involves changing a layout to create a healthy working environment, but we consider the costs of restructuring and resizing, which are not directly related to health costs. This type of scenario makes it difficult to define the exact amount of the losses.

Factors that are external to the company can also hinder the visualization of financial losses and gains. Mital and Ghahramani (1994), in a seven-year study of a telecommunications company, observed a decline in occupational injury rates and a reduction of 47% in absenteeism (days lost through injury or disease). In addition, an increase of 10% was observed in the costs associated with occupational injuries. Such disagreement between the results was related to the inflation of that period of time, which apparently neutralized the cost avoided by a reduction in the absenteeism and occupational injury index.

Lahiri et al. (2005, c) used a cost-effectiveness analysis in a study to prevent silicosis, which exemplifies an analysis that is useful in situations where benefits of a specific action (for example, in terms of health) are difficult to assess. This tool helps to assess the implications of different possible investments based on established beneficial goals. In this case, the goal was measured in Equivalent Healthy Years, and the cost of different methods of intervention was ranked in financial terms. In another study with the same format, Lahiri et al. (2005, b) use the Healthy Life Years as an indicator of the benefits of the prevention of low back pain. This approach seems to be an attempt to simplify the problems studied, to make it possible to perform a financial loss calculation, even though the calculation may be considered incomplete.

3.3. Absence of information

Ergonomics programs should be able to reach substantial results, showing the potential impact related to the discipline. However, it is very common that ergonomists receive scarce resources and little or no operational access to resolve difficult and complex problems; it is difficult to obtain satisfactory results under such circumstances (Kirwan, 2003). In this context, the registration and use of information about production losses and the company as a whole becomes more important to keep a competitive standard. However, there are many obstacles that occur at the beginning of an ergonomic intervention because of the difficulties found in obtaining this information. Some authors discuss the problems that companies currently suffer from due to barriers against providing information. Beevis (2003) states that companies resist providing information to research, making it more difficult to make scientific progress and eliminating the possibility of improvements in the control of occupational problems. However, Boucsein and Thum (1997) indicate that a share of the result arises from great efforts to make the manufacturing process with the best possible cost-effectiveness outcome. And, because of this demand for profitability, the ergonomic investment often does not seem to be so attractive because it does not have sufficiently convincing arguments.

Lahiri et al. (2005, a) published a study about occupational low back pain prevention, in which they identified an extreme difficulty in gathering useful information about costs, mainly the retrospective costs. In the case presented, even old interventions that were considered successful by the company did not record data about costs in an effective way, preventing new advances.

The research of Collins et al. (2004) and Audrey et al. (2006) calculated the payback based on the available information in a company, using information about absences, medical records and even OSHA data. However, they recognized that the result would be very different (maybe five times better) if the study considered the so-called indirect factors, such as hiring, training, lost wages, low morale and workers' turnover.

One of the obstacles to accessing information about health treatment costs is the use of specific medical services. Another obstacle is the blackout on information regarding compensation by companies that are hired to take care of this purpose (Seeley ; Markin, 2003). This study identified these scenarios as difficulties and limitations to creating an economic justification for an ergonomic improvement intervention. The difficulty was to gather precise, sufficient data regarding the injuries and their costs. Besides this concern, the costs of health and the replacement of workers were not exactly known. Also unknown were the economic numbers generated by the ergonomic improvements with respect to health services, hiring and workers' compensation. Although they used estimated or approximate data, it is believed that the numbers might be conservative and reliable (Seeley ; Marklin, 2003).

In a six-year study in a Canadian hospital, Chhokar et al. (2005) were able to justify an investment of \$344,323.00 in ergonomic improvements through a calculation of financial losses that considered the indexes of work absences and their consequent outcomes for a group of health professionals. However, such information was not sufficiently explicit in the study, possibly because it was set by a Committee of Workers' Compensation and, in addition, involved a financial compensation of occupational injuries. Still, with limited

information, the injury and compensation cost indicators were reduced to the point of generating a payback period of 0.8 year.

3.4. Lack of measurement methods

The target of a cost measurement method for ergonomics is to identify the financial potential that solving occupational problems might have. However, one method might suffer from deficiencies because of difficulties in quantifying costs, as discussed. Therefore, in the case of a cost-benefit analysis, for example, simplifications occur in the calculation to find values that might, somehow be based on an assessment of the ergonomic interviews (Grozdanovic, 2001). Often, these estimates are based in wage taxes, which do not completely represent the financial costs of the process. What is currently missing is to financially quantify these losses through the actual additional costs of the process (including decreased productivity and waste of time).

If there is not an assessment method that records the costs and benefits of ergonomics, only the costs will become apparent (Sommerich, 2003). And, more important than the identification of potential cost reduction, according to Goossens ; Evers (1997), is the correct definition of the losses that will be considered in the analysis and how they will be measured.

Selecting detailed data, quantifying it and calculating the cost and benefit effects are not an exclusive problem of investments that are started because of problems in the work environment. There is also a need for continuing an investigation on the methods of the economic analysis of production. Thus, it is important to proceed with global assessment, to gain experience and to follow routines to decide which changes should be considered as effects of the new working place and what is the value of these effects in financial terms (Abrahamsson, 2000).

Methods aimed at assessing absenteeism costs usually have errors. Errors occur either by the lack of precision in the analysis of productivity of periods before and after the disease that generated the absence or by unexceptional situations, that end up being misplaced, in the method, with actual diseases. An example is in the case of conversations with co-workers (Brouwer et al., 2002). Assuming that the method used is based on the time that a worker takes to accomplish an operation, if a mapping of the tasks is not performed, then we would not know exactly where a worker wastes production time (Abrahamsson, 2000).

A report on studies about the impact and incidence of WRMDs in countries of the European Union (EASHW, 2010) states that there is difficulty in making assessments of the financial aspects of this problem. The factors that were indicated to interfere in the assessments include the organization of insurance systems in the companies, the low validity of the information received and the absence of established assessment criteria.

Riel and Imbeau (1995) based their method on the approach of activity. This method focuses on the calculation of accident costs, with the purpose of using these costs as a basis for the allocation of insurance costs. This scheme is then used in the assessment of the effects of the investments in ergonomics for insurance costs. Then, this method combines the study of cause and consequence. However, the definition of ergonomics that the authors use is much wider and includes the working place design and measures of accident prevention (Rikhardsson, 2005).

The review of Tompa et al. (2009) found strong evidence that supports the economic benefits of ergonomic interventions in manufacturing. In addition, it calls attention to the need of a more systematic consideration of these benefits and a forthcoming development of standardized analytical methods that can guarantee a base of evidence that is larger and more reliable.

In search of a practical contribution in how to financially assess ergonomic projects in terms of loss prevention and business benefits, Kerr et al. (2008) demonstrated a methodology that is based on an application of a probabilistic tool of assessment. This research examined the effectiveness of ergonomic initiatives and also showed some difficulties found in assessing the financial value of such projects. A synopsis of some of the key problems that were identified in previous studies regarding the assessment of the value of an ergonomic project and how current research can address these assessments can be found in figure 1. Furthermore, a list of the main authors on the subjects discussed in this article can be found in figure 2.

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The aims of this article are to discuss the difficulties in the quantification of financial losses due to problems that can be reduced by ergonomic solutions. The more apparent financial losses are those related to employees, such as health and absenteeism. However, losses related to productive processes, although they potentially have a greater financial impact, are less known among managers. Nevertheless, it is common to find managers who realize this impact even without access to indicators.

The cost of the information, the multifactorial aspects, the absence of information and the absence of a method of measurement were the major difficulties cited in the scientific literature. Even so, applied research has very positive results, from the point of view of ergonomic improvements, even with partial forms of calculations. The results and the systematic measurement of the financial losses likely from ergonomic solutions are presented here from the perspective of scientific research. In research, the choosing and monitoring of indicators in a real situation are part of an attempt to make inferences about the reality of the companies. It is not a small number of specific factors that influence performance, because many factors can be relevant.

According to Grozdanovic (2001), there are difficulties in mapping losses for several reasons. The information about private activities is an example because we still cannot obtain information about socioeconomic and demographic features of a workplace, including the risk factors of the work or even the nature of an intervention. Such difficulties generate certain simplification in the reckoning of losses, causing deviations in the results of the economic assessment methods.

In the scientific literature, we can observe that occupational problems often generate expressed financial losses (Hendrick, 1996; Rikhardsson, 2003). From an economic viewpoint, this type of information would be sufficient to justify ergonomic intervention or improvements in a workplace. However, the appropriate quantification of these existing financial losses is hampered or frustrated by some difficulties.

The cost-benefit relationships in ergonomic projects have been treated as a critical concern to practitioners and professionals in this field of study (Vink et al., 2002). Kirwan (2003) states that the industry needs to be aware of real losses as well as the potential benefits of solving problems that involve the most complex components of the world: the human being. However, although we can perform a satisfactory cost-benefit analysis of ergonomic interventions, the results can be easily adapted to the wishes of the funders of the analysis. This concern underlies the importance of having real data that is reliable, with which decisions can be supported (Grozdanovic, 2001).

To sell ergonomic solutions as a “money-maker” that increases profitability and offers a positive investment, it is necessary that ergonomists build relationships with people from the financial sector and individuals who recognize the profit goals of an administration (Abrahamsson, 2000). Ergonomists tend to not be hired because of a lack of confidence in how profitable their discipline is seen to be. Nevertheless, ergonomics should be seen as the multidisciplinary area that it is and not as a threat to traditional disciplines (Grozdanovic, 2001).

Seeley ; Marklin (2003) state that one of the obstacles of selling ergonomics to managers is that they tend to see it as having a high cost with a low value. An effective way to change this view is to implement some simple and successful interventions, but with low cost and high value. The positive benefits of these interventions should then be reported intensively within the company to raise the awareness of workers and managers, i.e., the knowledge about the financial benefits of an ergonomic intervention is critical to employers, insurers and supervisors, and the assessment study of an intervention should always include an economic analysis in its assessment plan (Tompa et al., 2009).

Furthermore, it is important to consider stakeholders’ perspectives (employees, employers, insurers and government) regarding prevention investments. In some countries, companies are not interested in health investments very often because part of the sickness-related cost is the responsibility of insurers and government. Thus, governments could lead efforts (*e.g.*, tax credits and subsidies) to prevent investments from suffering distortions caused by conflicts of interest. Then, selling ergonomics is related to an important action combining an adequate economic analysis of ergonomic interventions with public policies that encourage prevention (Cherniack ; Lahiri, 2010).

Based on the results of the present study, it is possible to observe the way that quantification is used to measure the financial impacts of ergonomic interventions; this use varies greatly and encounters some challenging barriers. Any methodology that is capable of gathering information without being hampered by the barriers discussed in this article will be able to calculate occupational problem costs with great accuracy.

Regardless of the barriers that hinder or prevent the calculations, the lack of a minimal standard for occupational problem information and the associated indicators seems to be one of the largest gaps in this field. There is an important need for the development of some type of standards or even cost indicator prioritizations that can be used to justify ergonomics interventions.

5. DIRECTIONS FOR FUTURE RESEARCH

This paper outlines barriers that arise from measurement problems that are encountered when quantifying the financial benefits of ergonomic interventions. Regarding directions for future research, new approaches that can facilitate the calculations mentioned are needed in research as well as in company practices. The approaches used by the authors in this field to overcome the barriers are the following:

- Reasonable use of information that is already available at the company
- Computer simulations as a method to extrapolate a problem for a long period of time
- Acceptance of estimated values and approximate data when addressing known company situations
- Association of different assessment approaches
- Follow-up approaches to the working environment
- Use of cost-effectiveness analysis when benefits are difficult to assess quantitatively
- Effective recording of data about ergonomics costs
- Use of occupational cost data from a worker's compensation committee, if they exist
- Avoiding calculations based only on wages or wage taxes
- Continuing investigation about methods of economic analysis that fit the company's situation
- Systematic consideration of economic benefits and forthcoming development of standardized analytical methods

ACKNOWLEDGMENTS

This research was conducted with the financial support of the Capes Foundation, Ministry of Education of Brazil (BEX 0089/10-9). Their support is gratefully acknowledged.

REFERENCES

- Aarås, A. (1994). The impact of ergonomic intervention on individual health and corporate prosperity in a telecommunications environment. *Ergonomics*, 37 (10), 1679-1696.
- Abrahamsson, L. (2000). Production economics analysis of investment initiated to improve working environment. *Applied Ergonomics*, 31, 1-7.
- Alexander, D.C. ; Albin, T. J. (2003). Economic justification of the ergonomics process. In: Karwowski, W., Marras, W. S. *Occupational Ergonomics: Design and Management of Work Systems*. New York: CRC Press.
- Andersson, E. R. (1992). Economic evaluation of ergonomic solutions: Part I – Guidelines for the practitioner. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 10, 161-171.
- Audrey, N., Matz, M., Chen, F., Siddharthan, K., Lloyd, J. ; Fragala, G. (2006). Development and evaluation of a multifaceted ergonomics program to prevent injuries associated with patient handling tasks. *International Journal of Nursing Studies*, August, 43 (6).
- Beevis, D. ; Slade, I. M. (2003). Ergonomics – costs and benefits. *Applied Ergonomics*, 34, 413-418.

- Beevis, D. (2003). Ergonomics – costs and benefits revisited. *Applied Ergonomics*, 34, 491-496.
- Boucsein, W. ; Thum, M. (1997). Design of work/rest schedules for computer work based on psychophysiological recovery measures. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 20, 51-57.
- Brouwer, W. B. F., van Exel, N. J. A., Koopmanschap, M. A. ; Rutten, F. F. H. (2002). Productivity costs before and after absence from work: as important as common? *Health Policy*, 61, 173-187.
- Carrivick, P. J. W., Lee, A. H., Yau, K. K. W. ; Stevenson, M. R. (2005). Evaluating the effectiveness of a participatory ergonomics approach in reducing the risk and severity of injuries from manual handling. *Ergonomics*, 48 (8), 907-914.
- Cherniack, M., Lahiri, S. (2010). Barriers to Implementation of Workplace Health Interventions: an Economic Perspective. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 52 (9), 934-942.
- Chhokar, R., Engst, C., Miller, A., Robinson, D., Tate, R. B. ; Yassi, A. (2005). The three-year economic benefits of a ceiling lift intervention aimed to reduced healthcare worker injuries. *Applied Ergonomics*, 36, 223-229.
- Collins, J. W., Wolf, L., Bell, J. ; Evanoff, B. (2004). An evaluation of a “best practices” musculoskeletal injury prevention program in nursing homes. *Injury Prevention*, 10.
- Dahlén, P. ; Wernersson, S. (1995). Human factors in the economic control of industry. *International journal of industrial ergonomics*, 15, 215-221.
- Dempsey, P. G. ; Hashemi, L. (1999). Analysis of workers' compensation claims associated with manual materials handling. *Ergonomics*, 42 (1), 183-195.
- Driessen, M. T., Anema, J. R., Proper, K. I., Bongers, P. M., ; van der Beek, A. J. (2008). Stay@work: participatory ergonomics to prevent low back and neck pain among workers: design of a randomized controlled trial to evaluate the (cost-)effectiveness. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9 (145).
- Dul, J. ; Neumann, W. P. (2005). Ergonomics contributions to company strategies. 10th International Conference on Human Aspects of Advanced Manufacturing: Agility and Hybrid Automation - HAAMAHA, San Diego, USA.
- Dul, J. ; Neumann, W. P. (2009). Ergonomics contributions to company strategies. *Applied Ergonomics*, 40, p. 745–752
- EASHW (European Agency for Safety and Health at Work). (2010). OSH in figures: Work-related musculoskeletal disorders in the EU – Facts and figures. European Risk Observatory Report.
- Engst, C., Chhokar, R., Miller, A., Tate, R. B. ; Yassi, A. (2005). Effectiveness of overhead lifting devices in reducing the risk of injury to care staff in extended care facilities. *Ergonomics*, 48 (2), 187-199.
- European Foundation. (1997). Preventing the work absenteeism. *A prevenção do absentismo no trabalho*. The European Foundation.
- Falck, A. C., Örtengren, R., ; Högberg, D. (2008). The influence of assembly ergonomics on product quality and productivity in car manufacturing – a cost-benefit approach. Proceedings of the 40th annual Nordic Ergonomic Society Conference, Reykjavik, Iceland, August 11-13.
- Falck, A. C., Örtengren, R. ; Högberg, D. (2010). The impact of poor assembly ergonomics on product quality: a cost-benefit analysis in car manufacturing. *Human Factors and Ergonomics in manufacturing & Service Industries*, 20 (1), 24-41.
- Goossens, M. E. J., ; Evers, S. M. A. A. (1997). Economic evaluation of back pain interventions. *J Occup Rehabil*, 7(1), 15-32.
- Grozdanic, M. (2001). A framework for research of economic evaluation of ergonomic interventions. *Economics and Organization*, 1 (9), 49-58.

- Hendrick, H. (1996). Good ergonomics is good economics. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica, CA.
- Hendrick, H. (2003). Determining the cost-benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success. *Applied Ergonomics*, 34, 419-427.
- Jenkins, S. ; Rickards, J. (2001). Justifying investments in ergonomics – pre-intervention. SELF-ACE Conference – Ergonomics for changing work.
- Kerr, M. P., Knott, D. S., Moss, M. A., Clegg, C. W. ; Horton, R. P. (2008). Assessing the value of human factors initiatives. *Applied Ergonomics*, 39, 305-315.
- Kim, P., Hayden, J. A. ; Mior, S. A. (2004). The cost-effectiveness of an education program for firefighters: a case study. *Journal of Canadian Chiropractic Association*, 48 (1), 13-19.
- Kirwan, B. (2003). An overview of a nuclear reprocessing plant human factors programme. *Applied Ergonomics*, 34, 441-452.
- Labriola, M., Feveile, H., Christensen, K. B., Stmyer, J. ; Lund, T. (2009). The impact of ergonomic work environment exposures on the risk of disability pension: Prospective results from DWECs/DREAM. *Ergonomics*, 52 (11), 1419-1422.
- Lahiri, S., Gold, J. ; Levenstein, C. (2005). Estimation of net-costs for prevention of occupational low back pain: three case studies from the US. *American Journal of Industrial Medicine*, 48, 530-541. (a)
- Lahiri, S., Markkanen, P. ; Levenstein, C. (2005). The cost effectiveness of occupational health interventions: preventing occupational back pain. *American Journal of Industrial Medicine*, 48, 515-529. (b)
- Lahiri, S., Levenstein, C., Nelson, D. I. ; Rosenberg, B. J. (2005). The cost effectiveness of occupational health interventions: preventing of silicosis. *American Journal of Industrial Medicine*, 48, 503-514. (c)
- Lischeid, W.E. ; Roy, D. J. (2003). The cost benefit of ergonomics: a corporate perspective. In: Karwowski, W., Marras, W. S. *Occupational Ergonomics: Design and Management of Work Systems*. New York: CRC Press.
- Lowe, G.S. (2003). Healthy workplaces and productivity: a discussion paper. Minister of Public Works and Government Services Canada.
- McLaughlin, C.P. ; Coffey, S. (1990). Measuring Productivity in Services. *International Journal of Service Industry Management*, 1 (1), 46-64.
- Mital, A. ; Ghahramani, B. (1994). The injury profile of a large telecommunication company: a statistical summary. *Ergonomics*, 37 (10), 1591-1601.
- Morgan, A. ; Chow, S. (2007). The economic impact of implementing an ergonomic plan. *Nursing economics*, 25 (3), 150-156.
- Nelson, N. A., ; Hughes, R. E. (2009). Quantifying relationships between selected work-related risk factors and back pain: A systematic review of objective biomechanical measures and cost-related health outcomes. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39, 202-210.
- Riel, P. ; Imbeau, D. (1995). Applying ABC to Ergonomic and Safety Costs. Proceedings of the 46th International Industrial Engineering 2(1)
- Rikhardsson, P. M. (2003). Health and safety management accounting: what do occupational accidents really cost? Working paper, www.asb.dk/saca.
- Rikhardsson, P. (2005). Accounting for health and safety costs: review and comparison of selected methods. In: S. Schaltegger, M. Bennett and J. J. Bouma (eds.). *Sustainability Management Accounting*. Berlin: Springer Verlag.
- Rowan, M. ; Wright, P. C. (1994). Ergonomics is good for business. *Work Study*, 43 (8), 7-12.
- Saari, S. (2006). Productivity. Theory and Measurement in Business. Espoo, Finland: European Productivity Conference.
- Schneider, M. F. (1985). Ergonomics and economics. *Office Ergonomics*, May/June.

- Schneider, S. (1998). Ergonomic intervention has a return on investment of 17 to 1. *Appl. Occup. Environ Hyg*, 13(4), 212-213
- Schultz, A. B. ; Edington, D. W. (2007). Employee Health and Presenteeism: A Systematic Review. *J Occup Rehabil*, 17: 547-579.
- Seeley, P. A. ; Marklin, R. W. (2003). Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility. *Applied Ergonomics*, 34, 429-439.
- Spiegel, J. Yassi, A., Ronald, L., Tate, R., Hacking, P. ; Colby, T. (2002). Implementing a resident lifting system in an extended care hospital: demonstrating cost-benefit. *AAOHN Journal*, March, 50 (3).
- Sommerich, C. M. (2003). Economic analysis for ergonomics programs. In: Karwowski, W., Marras, W. S. *Occupational Ergonomics: Design and Management of Work Systems*. New York: CRC Press.
- Tompa, E., Dolinschi, R., de Oliveira, C., Amick III, B. C., ; Irvin, E. (2009). *J Occup Rehabil*.
- Vink, P., Miedema, M., Koningsveld, E. ; van der Molen, H. (2002). Physical effects of new devices for bricklayers. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 8 (1), 71-82.
- Wallin, L. (1987). Modification of work organization. *Ergonomics*, 30 (2), 343-349.
- Stamper, M. T. (1987). Good health is not for sale. *Ergonomics*, 30 (2), 199-206.
- Yeow, P. H. P. ; Sen, R. N. (2006). Productivity and quality improvements, revenue increment, and rejection cost reduction in the manual component insertion lines through the application of ergonomics. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36, 367-377.

APÊNDICE B

QUANTIFICATION OF THE FINANCIAL BENEFITS OF ERGONOMIC INTERVENTIONS: A CONCEPTUAL MODEL

Marcelo Pereira da Silva^{a*} and Fernando Gonçalves Amaral^b

^a *Production Engineering and Transportation Department, Federal University of Rio Grande do Sul, Av. Osvaldo Aranha, 99, 5° floor, CEP90035-190, Porto Alegre, RS, Brazil, mpsergo@producao.ufrgs.br*

^b *Production Engineering and Transportation Department, Federal University of Rio Grande do Sul, Av. Osvaldo Aranha, 99, 5° floor, CEP90035-190, Porto Alegre, RS, Brazil, amaral@producao.ufrgs.br*

* *Corresponding author*

Abstract

Industries rarely use financial data to evaluate occupational problems, which are the focus of ergonomic interventions. This study summarizes data about the financial benefits acquired from ergonomic interventions and elaborates on a conceptual model to support and guide the organization of such quantification. The methodology used is based on a literature review of the ergonomic interventions with a financial focus. The results show that there are few publications on ergonomics that consider financial aspects in their evaluation. In this study, the main data are listed with respect to the costs of the intervention, thus enabling a conceptual model. The proposed model presents the logical use of such data in specific financial studies of ergonomic interventions in an innovative manner.

Relevance to industry

The described conceptual model can be used as a guide for collecting and organizing data and describes the approaches that should be considered in future economic-financial analyses of ergonomic interventions in industries.

Keywords: financial benefits, ergonomic intervention, conceptual model

1 INTRODUCTION

Scientific studies have indicated that occupational problems, which can be reduced through ergonomics, often generate quantifiable financial losses for companies. Researchers such as Beevis and Slade (2003), Hendrick (2003), Chhokar *et al.* (2005), and Tompa *et al.* (2009) have studied work situations and particularly ergonomic projects from a financial benefits point of view. In a case study about the ergonomic redesign of a product in a Malaysian electronic components factory, Sen and Yeow (2003) identified an annual value of more than \$580,000 in loss reduction by scrap and rework. Seeley and Marklin (2003) estimated the annual benefits of an ergonomic intervention on work tools at approximately \$184,255, with a payback period of only four months. In this study, which was conducted in an electricity generating plant, only the reduction costs related to compensation costs, medical treatment, training, and the replacement of new workers were considered. These studies are just two examples of projects in which ergonomic interventions have shown significant benefits that easily their investment. According to Andersson (1992), it is important to quantify the financial benefits of an ergonomic intervention project because this quantification helps to determine how funds should be allocated among other investment options within a business environment.

The increasing number of publications about the costs and the benefits of ergonomics since 2003 indicates the relevance of the subject in scientific research and manufacturing production practices. However, very little financial data related to occupational problems, which are the focus of ergonomic interventions, are used. From an economic standpoint, this

type of data can be sufficient to justify an investment in interventions to improve a company's working conditions (Hendrick, 2008; Jenkins and Rickards, 2001; Rowan; Wright, 1994). However, a reliable calculation or even an approximation of the potential financial benefits is difficult or impossible due to certain characteristics, such as the absence of available, organized financial data for companies (Tompa *et al.*, 2009).

The difficulty in grouping relevant data to identify or predict the financial benefits of an ergonomics project has been previously mentioned (Abrahamsson, 2000; Falck *et al.*, 2010; Lahiri *et al.*, 2005; Sommerich, 2003). One of the barriers that make calculating the potential benefits difficult is the lack of data on occupational problems that may justify an improvement intervention.

Considering the aforementioned problems, this study summarizes the data on the topic and develops a conceptual model to guide and support organizations in quantifying the financial benefits linked to ergonomic interventions. Based on a literature review, this study aimed to determine 1) how financial and non-financial data should be used to support the quantification of the financial benefits of an investment in ergonomic intervention and 2) the logic with which these data should be organized so that they can be used in business practices within the context of better working conditions and the reduction of occupational problems.

2 METHODS

A literature review on the cost and the benefits related to ergonomic practices was performed to identify the currently available data on the topic. Google Scholar, PubMed, Academic Search Premier, and CINAHL (*Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature*) were used, as well as ergonomic journals such as *Ergonomics*, *Applied Ergonomics*, and the *International Journal of Industrial Ergonomics*. This review was based on an English search of the terms "ergonomics" associated with "costs, benefits, financial, and economy".

The studies that did not meet the proposed focus (i.e., evaluation of the energy cost of a certain activity), use cost as an indicator of the performance of an ergonomic intervention, or include the source of the data used in the financial calculations were excluded at this stage. Studies that were solely concerned with accident prevention without considering productivity issues and occupational health were also rejected.

This approach identified 83 articles, 66 of which were classified as theoretical, accounting for the revisions and the theoretical discussions on the subject. The remaining 17 articles were identified as applied studies, which used financial criteria to verify the impact of an ergonomic intervention, such as case studies or comparisons between companies from different sectors. However, two of these articles (Lahiri *et al.*, 2005, (b); Lanoie and Trottier, 1995) were studies published more than once (Lahiri *et al.*, 2005, (a); Lanoie and Tavenas, 1996) and were therefore also excluded from the group. Thus, a total of 15 articles were used in this study's analysis.

Three researchers reviewed the articles that were used in the analysis, and the modeling characteristics and the data applied in each analysis were discussed to avoid questions about specific factors (i.e., the difference between absenteeism and time lost due to injury) and reach a consensus on all of the classifications.

2.1 CHARACTERIZATION OF THE STUDIES

The 15 studies included in this review were used to synthesize the evidence on the financial and the non-financial data considered in the ergonomic interventions. During the review, the main characteristics of the contexts in which the interventions were applied were also examined. Each characteristic is shown and described in Table 1.

Characteristic	Description
<i>Application area</i>	Industrial or service sector used in the study
<i>Date</i>	Year in which the study was published
<i>Country</i>	Country in which the study was performed
<i>Employees</i>	Number of employees used in the study and/or affected by the intervention
<i>Intervention</i>	Brief description of the ergonomic intervention and the research methods used
<i>Period</i>	Use of the data relating to the pre-intervention and/or the post-intervention periods

Table 1 – Description of the features observed in the literature review

2.2 PERFORMANCE DATA USED IN THE STUDIES

Each performance dataset was extracted from the study group and separated into financial and non-financial data. This step was performed to avoid conflicts among the data used as a base and those obtained from the financial calculations. In addition to this separation, the data were organized into three categories (productive aspects, administrative aspects, and occupational health) to facilitate reading and make the categories to be more descriptive.

2.3 DATA SOURCES

The data sources used in the financial analysis were extracted from the studies included in this review and represent the methods through which the performance measurement data were obtained. The PRE-INTERVENTION and POST-INTERVENTION categories indicate the periods during these data were obtained, i.e., data obtained in a work environment before and after the ergonomic improvements intervention, respectively.

3 RESULTS OF THE LITERATURE REVIEW

3.1 CHARACTERIZATION OF THE STUDIES

The data from each study are shown in Table 2, including the publication date, the country of origin, the application area, the number of workers affected by the intervention, a description of the intervention analyzed from a financial perspective, and the period during which the data used to analyze the interventions performance were obtained.

N	Reference	Area of application	Date	Country	Number of	Intervention	Period
1	(Aarås, 1994)	Telecommunications	1994	Norway	331	Workplace and task redesign	Pre and
2	(Lanoie and Tavenas, 1996)	Beverage Deposits	1996	Canada	605	Change in the manual load maintenance system, the creation of a discussion committee, and training	Pre and
3	(Kemmlert, 1996)	Manufacturing radiators Public Administration Metal-mechanical Infirmaries	1996	Sweden	4	Partial mechanization of tasks and the redesign of the workplace and the tasks	Post
4	(Riel and Imbeau, 1997)	Helicopter Manufacturer	1997	Canada	-	Workplace and mechanical facilitator redesign	Pre
5	(Schneider, 1998)	Insurance	1998	EUA	72	Small adjustments, training, and recommendations	Pre and
6	(Hastings <i>et al.</i> , 2000)	Military aviation	2000	EUA	710	Implementation of a new inspection system	Pre
7	(Seeley and Marklin, 2003)	Electrical Energy	2003	EUA	370	Change in the tool type	Pre
8	(Sen and Yeow, 2003)	Circuit Manufacturer	2003	Malaysia	33	Redesign of the workplace and the tasks and training	Pre and
9	(Kim <i>et al.</i> , 2004)	Fire Department	2004	Canada	92	Prevention, education, and recommendation program	Pre and
10	(Chhokar <i>et al.</i> , 2005)	Hospital	2005	Canada	-	Implementation of training and mechanical facilitators	Pre and
11	(Lahiri <i>et al.</i> , 2005, (a))	Wood processing Automotive System Automotive system	2005	EUA	2260	Workplace, task and environment redesign and training program	Pre and
12	(Yeow and Sen, 2006)	Circuit manufacturer	2006	Malaysia	31	Workplace and task redesign and training	Pre and
13	(Kerr <i>et al.</i> , 2008)	Electric Energy	2008	England	202	Implementation of a new intranet system	Pre
14	(Driessen <i>et al.</i> , 2008)	Rail transport Electric Company University Metal-mechanics	2008	Netherla	2076	Prevention program	Pre
15	(Hughes and Nelson, 2009)	Simulation	2009	EUA	-	Prevention program	Pre

Table 2 – Data from the studies used in the review; the studies are arranged chronologically.

Legend: Period (P): Pre refers to the use of data prior to the intervention, Post refers to the use of data after the intervention, and Pre and Post refers to the use of data before and after the intervention.

Table 2 shows that the application areas of the studies are quite diverse, including hospital environments, wood processing, and even military aviation. This diversity demonstrates how the interest in financial benefits of an ergonomic intervention is not restricted to a single industrial or service sector and can affect both small and large (with more than 2,000 workers) companies. Furthermore, the table shows that these studies have evolved over the years.

Of the 15 studies reviewed, only one was classified as a post-intervention period. Six studies were pre-intervention, and eight were pre- and post-intervention, indicating that most of the studies consider the data prior to the ergonomic intervention when quantifying the benefits.

3.2 DATA PERFORMANCES USED IN THE STUDIES

The data performance of each study was identified, placed in a list, and then grouped according to the focus it represented. This list was constructed considering the source of each dataset and the relevant observations from its use. To join the list, the relationship of each datum with the ergonomic intervention displayed was verified. Only the data that represented, even if indirectly, the results of work changes that were performed or planned were considered (i.e., data on the rework cost in the task improvement interventions). The present review revealed that 17 types of data were applied in the 15 studies to measure the performance of the ergonomic interventions. The data were assigned to the productive aspect category, the administrative aspect category, or the occupational health category, as shown in Tables 2 and 3 for the non-financial data and the financial data, respectively. Data regarding accidents, although important, were not found in the literature review and were thus not considered in this study.

Category of non-financial data	Type of non-financial data	Source
Directly linked to production aspects	Productivity	1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15
	Work days missed	2, 7, 9, 10, 11, 14, 15
	Products with errors, defects or returns	2, 3, 8, 12, 13, 15
	Task cycle time	6, 7, 8, 12
Directly linked to administrative aspects	Turnover	1, 3, 4, 7
	Overtime	3, 8
Directly linked to occupational health	Absenteeism due to injury or illness	1, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 14, 15
	Loss of time due to injury or disease	5, 7, 11, 15
	Prevalence and severity of injuries and disease	1, 2, 3, 4, 5, 7, 11, 14, 15
	Prevalence of physical pain	5, 7, 9, 10, 11, 14

Table 3 – Data and their sources, in which the numbers correspond to the references shown in Table 2.

The financial data of the 15 selected studies were tabulated according to various types of costs and divided into the three aforementioned categories, as shown in Table 4.

The calculated costs related to production aspects include those resulting from low productive performance, lack of quality in the process, and rework and scrap generated.

The main data used for to calculate the costs directly linked to the administrative aspects are based on absenteeism and employee turnover. These data consist of compensation costs from leaves of absence (including salaries and other expenses), hiring of substitutes, claims, and legal processes, as well as the cost of training new workers.

The data on the health care costs are more specifically related to the consequences of not implementing an ergonomic intervention, such as injuries and illnesses related to occupational health, including medical costs, exams, physical therapy, prescription drugs, hospital costs, and more significant potential expenses, such as permanent or disabling injuries.

Category of financial data	Type of financial data	Source
Directly linked to productive aspects	Cost of substandard performance	2, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14
	Rework costs	2, 8, 12, 13
Directly linked to administrative processes	Compensation cost due to work leave	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 14, 15
	Administrative procedural costs for new hires	1, 3, 7, 13
	Judicial proceedings, fines, and compensation costs due to injuries or illnesses	5, 7
	Cost of training new workers	1, 3, 7
Costs directly linked to occupational health	Costs of treatment of illnesses or injuries (physicians, tests, prescription drugs, physical therapy, transport)	2, 4, 5, 7, 11, 14, 15

Table 4 – Financial data and their sources, in which the numbers correspond to the references shown in Table 2.

3.3 DATA SOURCE USED IN THE STUDIES

To compare the characteristics of the studies included in this review, the logical of data collection of pre- and post-intervention were identified through either estimations or records (Table 5). The estimated benefits during the pre-intervention period represent the expected gains due to an intervention, while still considering a work situation without improvements. The estimated gains during the post-intervention period are more realistic and consider the results of the intervention.

Internal records, which are the most widely used data source in the studies, provide the most reliable data about a situation before and after the intervention. The data prior to the intervention can also come from external tables, which are created by labor unions or worker associations. Information after the intervention can be obtained through a comparison or through feedback from the employees and the external costumers. Direct data from the workers or the managers can be obtained through interviews or questionnaires.

	Pre-intervention	Post-intervention
Estimate	Losses (11, 14) Benefits (1, 2, 4, 6, 7, 10, 11, 13, 14, 15)	Benefits (1, 2, 3, 10, 11)
Registered	External tables (4, 5, 13, 14, 15) Internal records (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15) Questionnaire (6, 7, 11, 12, 14) Interview (5, 8, 12)	Internal records (1, 2, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12) Comparison (1, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 14) Feedback (2, 7, 9, 12) Questionnaire (1, 9, 11, 14) Interview (2, 3, 5, 8)

Table 5 – Types of sources for the performance data

4. CONCEPTUAL MODEL

Based on the data from the literature review of the financial analysis of ergonomic interventions, this study condenses the different ways in which the data can be organized into a conceptual model. This model is able to guide and support the data organization and the quantification of the financial benefits of ergonomic interventions. The conceptual model is constructed such that it can be broadly applied, instead of being limited to certain industrial sectors or specific problem resolutions. The difficulty of organizing such data and the lack of knowledge regarding the data necessary to quantify the financial benefits of an ergonomic intervention justifies the construction of the conceptual model. Thus, the model intends to systematically represent the recommended financial and non-financial data, the possible data sources, and the logical use of the data during the periods before and after an ergonomic improvement.

4.1. RELATIONSHIP BETWEEN THE DATA AND THEIR SOURCES

Table 6 shows the relationship between the data sources and the data used to quantify the intervention benefits included in this literature review. As previously discussed, the data are categorized as financial or non-financial, and their sources or origins are classified and divided into the pre- and the post-intervention periods.

			NON-FINANCIAL DATA										FINANCIAL DATA							
Logic	Origin		Productivity	Work days missed	Products with defects or errors or returned products	Task time cycle	Turnover	Overtime	Absenteeism due to injury or illness	Time loss due to injury or illness	Prevalence and severity of injuries or illnesses	Prevalence of physical pain	Substandard performance cost	Rework cost	Compensation cost due to work leave	Administrative procedural costs for new hires	Legal proceedings, fines, and compensation costs	Cost of training new workers	Cost of treating occupational injury or illness	
PRE-INTERVENTION	Estimate	Losses	11										14		14				14	
		Benefits	6, 11, 13, 15	2, 10, 11, 13, 15	15	6				1, 10, 15	11, 15	2, 15	10	2, 7, 11, 13, 14	2, 13	1, 4, 7, 10, 16	1, 7, 13		1, 7	2, 4, 7, 11, 14
	Records	Tables					4		4		4					4, 5, 11, 15		5		4, 5, 11, 14
		Internal records	1, 6, 8, 12	2, 7, 9, 10	8, 12	6, 8, 12	1, 7	8	1, 5, 9, 10	5, 7	1, 2, 5, 7, 11	9, 10, 11	6, 7, 8, 12	8, 12	7, 10, 15	7	7	7	7	2, 7, 15
		Questionnaire	6, 11, 12, 14	11	12	6, 12			16, 14	11	7, 11, 14	7, 11, 14								
Interview	8, 12		8, 12	12		8					5									
POST-INTERVENTION	Estimate	Benefits	3, 11	2, 10, 11	3		3	3	3, 10	11	2, 3	10	2, 11	2	1, 3, 10	1, 3		1, 3	2, 11	
	Records	Internal records	1, 2, 3, 8, 12	2, 9, 10, 14	8, 12	8	1, 3		1, 3, 9, 10, 14		1, 2, 3, 11	9, 10, 11	8, 12	2, 12	2, 9, 10			1, 8		
		Comparison	3, 8, 12	9, 10	8, 12	12	3		1, 3, 9, 10		3, 11, 14	9, 10, 11, 14	8, 11, 14	8	10, 11, 14				11, 14	
		Feedback	12	9	2, 12	7, 12			9			9								
		Questionnaire	11	9, 11					1, 9, 11	11	1, 11	9, 11	14		14					14
		Interview	3		2, 3		3	3	3, 5		3				3	3			3	

Table 6 – Relationship between the data and their original sources, in which the numbers correspond to the references shown in Table 2.

The cross-linking of the data used in these studies with their sources can be useful when quantifying the financial benefits of ergonomic interventions. First, every type of datum that can be obtained during the pre-intervention and the post-intervention periods can be identified, in addition to examples of the way in which the data are used to scientifically support a choice in a real situation. Second, alternative data and sources for situations in which a company has limited access, for example, are also shown. Some examples of the benefits of Table 6 include the possibility of estimating the productivity benefits after an ergonomic intervention or obtaining data for health care costs through the use of external tables as references. Questionnaires as a turnover indicator and pre- and post-intervention

comparisons such as legal costs (lawyer and lawsuits costs) are not shown in Table 6, therefore it appears that they are not typically in current use.

During the pre-intervention and the post-intervention periods, the data registered by a company (internal records) are the best alternative because they were obtained from an analysis of the actual situation. Information on productivity and quality, for example, are more common and easy to find. However, data on lost time due to injury, for example, are less known and require other data to be correlated to perform the calculations.

Although internal records stand out as an important data source, there are also external reference tables. These tables are specifically used in countries in which there are insurance companies responsible for any type of accident and/or work leave. A type of external data table used in ergonomic studies, as well as occupational health and safety, is the average compensation cost table, which has specific data for different industrial and service sectors. These external reference tables are a better alternative than relying on estimates about analyzed situations or their relative costs. Otherwise, interviewing managers or questionnaires seeking data about costs of a certain work situations can lead to data uncertainty and volatility.

4.2.LOGIC FOR BENEFITS QUANTIFICATION

In the literature, there are three approaches for quantifying the benefits of ergonomic interventions. In the first approach, only the losses of a situation that require an ergonomic intervention are exposed and quantified so that the damage can be assessed. The second approach also considers losses, but it also adds the potential benefits of reducing that loss through an improvement intervention. Finally, the third approach quantifies the benefits related to and after the intervention. The second and the third approaches depend on the comparison of the pre- and the post-intervention data to identify the differences that were likely caused by the improvement in ergonomic conditions.

In addition to the quantification approaches, there are the temporal approaches to compare data from different periods. The pre-intervention period indicates the situation prior to the ergonomic intervention and is represented by information chosen to assess the work situation. The need for improved working conditions from the ergonomic perspective can come from an external demand (government inspection, for example) or an interest of the company after an analysis of a qualified professional. The data selected to accompany the work situation during the pre-intervention period are the same as those to be recorded or estimated in a determined period after the intervention. The pre-intervention period is more important because it shows the possibility of justifying an investment in ergonomic intervention from a work situation that generates losses. However, this timepoint is the most difficult to evaluate because it depends on data that are not always available and estimates about potential benefits.

Independent from the data sources, it is important to consider that the financial data from the pre-intervention period represent losses or quantifications of costs that are not interesting to the company. There are integral losses that represent completely unfavorable situations, such as the cost of health care due to injury caused by poor working conditions. However, there are also partial losses related to performance indicators, such as productivity, that can be improved through ergonomic interventions.

There is a cause and effect relationship that needs to be determined. The effects are the quantified data during the pre-intervention period, and the causes are the characteristics of the work situation considered to be a risk from an ergonomic perspective. Thus, the intervention measures should aim to reduce and control such risks and thus reduce the related effects. These reductions in problems or losses (recorded or estimated) are the basis for the financial justification of the investment in an ergonomic intervention. A graphical representation of the

conceptual model is shown in Figure 1, in which three essential components exist: the information referring to the period prior to the intervention; information about the investment in the intervention; and information about the period after the intervention, for which data can be obtained to quantify the benefits.

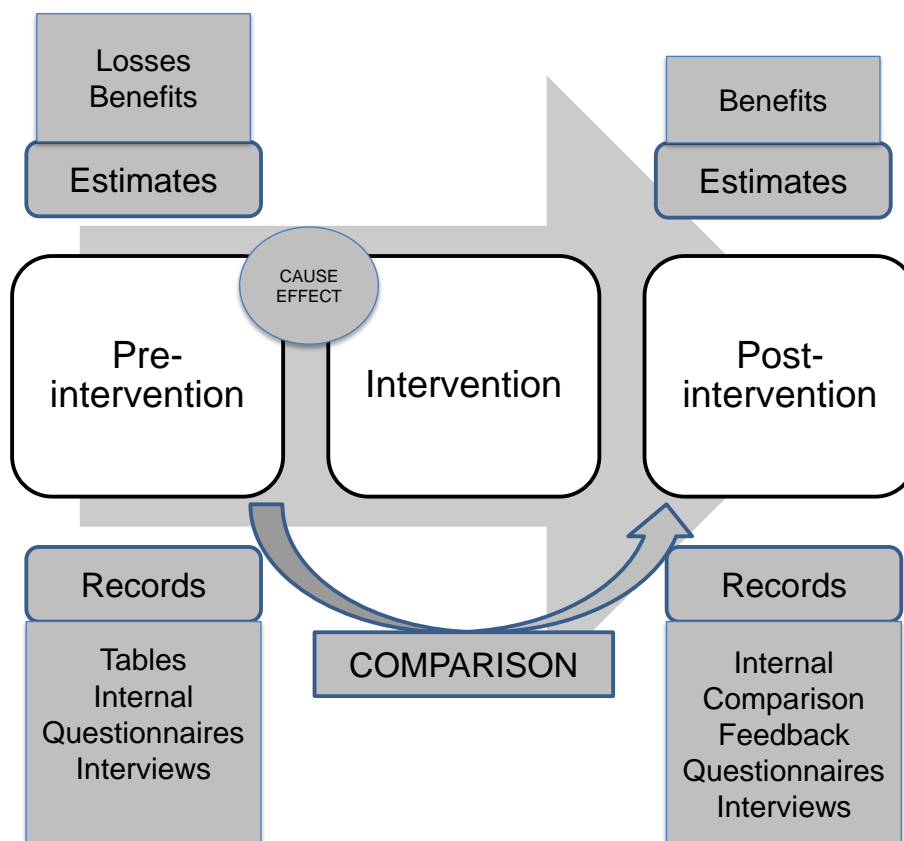


Figure 1 – Graphical representation of the proposed conceptual model

The post-intervention period, as shown in Figure 1, represents the use of data that allow the expected benefits to be quantified by comparison with the pre-intervention period. The data about the post-intervention benefits can be financially or non-financially estimated in many ways, as shown in Table 6. There is also the logic that the post-intervention period has information that can indicate the real benefit of an ergonomic intervention, creating records on the subject and facilitating the analysis of future situations.

5. DISCUSSION

This study aimed to elaborate on a conceptual model from a literature review to support the quantification of financial benefits of ergonomic investments. Based on this review, the study aimed to determine 1) how financial and non-financial data should be used to support the quantification of the financial benefits of an investment in ergonomic intervention and 2) the logic with which these data should be organized so that it can be used in business practices within the context of better working conditions and the reduction of occupational problems.

Tompa et al. (2009) also conducted a review of applied ergonomic studies, but their review was from a purely economic approach, aiming to validate the ergonomic investments by companies from different sectors. The authors' results indicated that few studies on ergonomic interventions focus in the cost-benefit analysis, possibly because this type of approach has a low priority in the scientific literature. However, this review focused on the results of several cost-benefit analyses instead of how they were calculated, and the review mainly focused which data related to the ergonomic conditions were used. In contrast, the present study intended to define the key data for analyzing the financial benefits of ergonomics and the logic with which such data should be used in connection with an improvement intervention. In general, the integrated use of this information with the companies control systems represents one of the gaps in this subject. In this context, the difficulty in accessing data and the cost are barriers that hamper the development of this area (Silva et al., 2012). In addition, administrative factors, such as large numbers of contacts in all organizational levels, are necessary to facilitate the input of crucial data for developing studies and organizing the results (Falck *et al.*, 2008).

Rouse and Boff (1997) question whether there is a way to incorporate the financial views of ergonomics in the manager's decision-making process. As a hypothesis to this question, having knowledge beforehand about the decision to be made is important during the data collection process, instead of retrospectively. The lack of data for these analyses may be because preventative data collection does not typically occur, although it would be easier and cheaper; instead, data are collected after the occurrence of an event, such as an accident or occupational illness, when doing so is much more expensive.

Next, some of the findings about the type of data extracted from the studies included in the analysis are reviewed. Thirteen of the 15 studies reviewed used data about productivity to measure the variations after an ergonomic intervention. This finding is a positive result because although occupational health is important, it is vital not to lose the ability to justify an ergonomic intervention based on improved performance and productivity (Lischeid; Roy, 2003).

Among the 12 studies that considered the prevalence and the severity of injuries and disease, some, such as Lanoie and Tavenas (1996), Kim *et al.* (2004), and Lahiri *et al.* (2005), used more specific data, such as the prevalence of low back pain. Seeley and Marklin (2003) also based their studies on information about the period covering the beginning of treatment of injuries and the number of restricted workdays due to these injuries. Twelve studies considered data about absenteeism caused by injuries or occupational diseases. Of these, eight were directly related to unfavorable work conditions and possible improvements through ergonomic interventions.

Ten studies considered the cost of health treatments that were amenable to reduction through an improvement in working conditions. However, this type of cost is more widely known than the costs related to productivity. Nevertheless, 11 studies considered substandard work performance costs, demonstrating that the financial justification for ergonomics should not be restricted to occupational health and safety aspects.

Regarding the cost models for ergonomic interventions, the model by Lahiri et al. (2005) is one of the most complete models in terms of the use of performance data and the use of sources such as internal records, estimates, and questionnaires. However, it does not follow a linear approach for comparing the pre- and the post-intervention periods. Other models, such as those of Hastings et al. (2000) and Kerr et al. (2008), only use available independent data

sources (Table 6), but they do not always reveal their sources and sometimes even exclude key actors to more completely quantify the expected benefits after the investments.

The conceptual model proposed in this study is based on applied studies and can be considered as a guideline to better organize and choose information, the data source, and the possible approaches for quantifying the financial benefits of an ergonomic intervention. An ergonomist aiming to establish an improvement project for the working conditions of a determined company, for example, can use the financial and non-financial data lists as a reference for choosing the project performance indicators. Furthermore, potential data sources are available, and the pre- and the post-intervention situations can be compared to quantify the financial benefits as a justification for implementing the project.

This conceptual model does not propose forms or methods of cost analyses associated with ergonomics; it only aims to support the financial quantification of the benefits of an ergonomic intervention. The financial analysis, through acknowledged methods, begins after determining the investments and the benefits that come from comparing the pre- and the post-intervention periods.

6. CONCLUSION

Although there are still few publications about ergonomics that consider financial aspects in their evaluation, this study listed the key information oriented towards costs that were found in ergonomic articles. Other published reviews also reviewed the data aimed at decision makers regarding the financial benefits of an ergonomic intervention, or more specifically, about economic analysis models on occupational diseases and injuries, such as lower back injuries. However, the proposed conceptual model in this article showed, in an innovative manner, the logical use of data in specific situations in financial studies of the application of ergonomics in companies. The described conceptual model can be used as a guide for collecting and organizing data and describes the approaches that should be considered in future economic-financial analyses of ergonomic interventions in industries. The conceptual model application method and its integration into the culture and the costing systems of companies are issues that still need to be discussed in future research.

7. ACKNOWLEDGMENTS

This research was conducted with the financial support of the Capes Foundation, Ministry of Education of Brazil (BEX 0089/10-9). Their support is gratefully acknowledged.

8. REFERENCES

- Aarås, A., 1994. The impact of ergonomic intervention on individual health and corporate prosperity in a telecommunications environment. *Ergonomics* 37, 10, 1679-1696.
- Abrahamsson, L., 2000. Production economics analysis of investment initiated to improve working environment. *Applied Ergonomics* 31, 1-7.
- Andersson, E. R., 1992. Economic evaluation of ergonomic solutions: Part II – The scientific basis. *International Journal of Industrial Ergonomics* 10, 173-178.

- Beevis, D., Slade, I. M., 2003. Ergonomics - costs and benefits. *Applied Ergonomics* 34, 413-418.
- Chokkar, R., Engst, C., Miller, A., Robinson, D., Tate, R. B., Yassi, A., 2005. The three-year economic benefits of a ceiling lift intervention aimed to reduce healthcare worker injuries. *Applied Ergonomics* 36, 223-229.
- Driessen, M. T., Anema, J. R., Proper, K. I., Bongers, P. M., van der Beek, A. J., 2008. Stay@work: participatory ergonomics to prevent low back and neck pain among workers: design of a randomized, controlled trial to evaluate the cost-effectiveness. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9:145.
- Falck, A. C., Örtengren, R., Högberg, D., 2010. The impact of poor assembly ergonomics on product quality: a cost-benefit analysis in car manufacturing. *Human Factors and Ergonomics in manufacturing ; Service Industries* 20, 1, 24-41.
- Hastings, P. A., Merriken, M., Johnson, W. B., 2000. An analysis of the costs and benefits of a system for FAA safety inspections. *International Journal of Industrial Ergonomics* 26, 231-248.
- Hendrick, H., 2008. Determining the cost-benefits of applying ergonomics to systems: Some documented "lessons learned". *Applied Ergonomics* 39, 418-426.
- Hendrick, H., 2003. Determining the cost-benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success. *Applied Ergonomics* 34, 419-427.
- Hughes, R., Nelson, N., 2009. Estimating investment worthiness of an ergonomic intervention for preventing low back pain from a firm's perspective. *Applied Ergonomics* 40, 457-463.
- Jenkins, S., Rickards, J., 2001. Justifying investments in ergonomics - pre-intervention. *Self-ace conference* 3, 12-16.
- Kemmlert, K., 1996. Economic impact of ergonomic intervention - four case studies. *Journal of Occupational Rehabilitation* 6, 1, 17-32.
- Kerr, M. P., Knott, D. S., Moss, M. A., Clegg, C. W., Horton, R. P., 2008. Assessing the value of human factor initiatives. *Applied Ergonomics* 39, 305-315.
- Kim, P., Hayden, J. A., Mior, S. A., 2004. The cost-effectiveness of an education program for firefighters: a case study. *Journal of Canadian Chiropractic Association* 48, 1, 13-19.
- Lahiri, S., Gold, J., Levenstein, C., 2005. Net-cost model for workplace interventions. *Journal of Safety Research* 36, 241-255, (a).
- Lahiri, S., Markkanen, P., Levenstein, C., 2005. The cost-effectiveness of occupational health interventions: preventing occupational back pain. *American Journal of Industrial Medicine* 48, 515-529, (b).
- Lanoie, P., Tavenas, S., 1996. Costs and benefits of preventing workplace accidents: the case of participatory ergonomics. *Safety Science* 24, 3, 181-196.
- Lanoie, P., Trottier, L., 1995. Costs and benefits of preventing workplace accidents: going from a mechanical to a manual handling system. CIRANO, Montreal.
- Lischeid, W. E., Roy, D. J., 2003. The cost benefit of ergonomics: a corporate perspective, in: Karwowski, W., Marras, W. S. (Eds.), *Occupational Ergonomics: Design and Management of Work Systems*. CRC Press, New York, pp. 9-1 – 9-18.
- Riel, P. F., Imbeau, D., 1997. The economic evaluation of an ergonomic investment for preventive purposes: a case study. *Journal of Safety Research* 28, 3, 159-176.
- Rouse, W. B., Boff, K. R., 1997. Assessing cost/benefits of human factors, in: Salvendy, G. *Handbook of human factors and ergonomics*. John Wiley ; Sons, 2nd ed, New York, pp. 389-401.
- Rowan, M., Wright, P., 1994. Ergonomics is good for business. *Work Study* 43, 8, 7-12.
- Schneider, S., 1998. Ergonomic intervention has a return on investment of 17 to 1. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 13, 4, 212-213.

- Seeley, P. A., Marklin, R. W., 2003. Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility. *Applied Ergonomics* 34, 429-439.
- Sen, R. N., Yeow, P. H. P., 2003. Cost-effectiveness of ergonomic redesign of electronic motherboard. *Applied ergonomics* 34, 453-463.
- Silva, M. P., Amaral, F. G., 2012. Difficulties in quantifying financial losses that could be reduced by ergonomic solutions. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing ; Service Industries*, IN PRESS.
- Sommerich, C. M., 2003. Economic analysis for ergonomics programs, in: Karwowski, W., Marras, W. S. (Eds.), *Occupational Ergonomics: Design and Management of Work Systems*. CRC Press, New York, pp. 6-1 – 6-20.
- Tompa, E., Dolinschi, R., Oliveira, C., Amick III B. C., Irvin, E., 2009. A systematic review of workplace ergonomic interventions with economic analyses. *Journal of Occupational Rehabilitation*, Nov.
- Yeow, P. H. P., Sen, R. N., 2006. Productivity and quality improvements, revenue increment, and rejection cost reduction in the manual component insertion lines through the application of ergonomics. *International Journal of Industrial Ergonomics* 36, 367-377.

APÊNDICE C

Is there enough information to calculate the financial benefits of ergonomics projects?

PEREIRA DA SILVA, M.^{a,*}, PRÜFER, C.^b and AMARAL, F. G.^a

^a*Production Engineering and Transportation Department, Federal University of Rio Grande do Sul, Av. Osvaldo Aranha 99, 5^o floor, CEP90035-190, Porto Alegre, RS, Brazil*

^b*Human Engineering Group, Department of Production and Systems, University of Minho, 4800-058 Guimarães, Portugal*

Abstract. Many authors studied work situations and, mainly, ergonomics projects concerning the financial benefit point of view. At the same time seems to be little information available concerning these financial benefits in manufacturing companies' processes. The aim of this article is to identify if there enough information available within a company to quantify the financial benefits of an ergonomics project. The study was applied on two manufacturing companies, one in Brazil and other in Portugal. A literature review based checklist and a manager interview was applied on each company in order to identify if the information was available and how were been used. The two companies have revealed a good quantity of available information regarding ergonomics benefit calculation. The interviews showed that managers are not aware of the financial savings possibility with investments in ergonomics projects.

Keywords: ergonomics, project, financial benefits, information

* Corresponding author. E-mail: ergocelo@gmail.com

1 Introduction

The scientific literature applies that occupational issues that can be reduced via ergonomics can also generate great financial loss. Researches such as [3, 5, 10, 29] focused their work on labor issues and especially the financial impact of ergonomic projects. A research at Malaysia [27] had a great case study of ergonomics performance on electronic components factory whereby the company was able to achieve a value greater than \$580.000/year for scrap and rework reduction plans. However, a study [26] estimates the benefits of Ergonomic intervention on work tools to be \$184.255/year with positive return of investment (ROI) within four months. From an economic point of view, there are enough studies that indicate the positive results to justify improvements on labor conditions within corporations. However, an accurate calculation of any possible financial loss is difficult due to the lack of information and track record of expenses and benefits related to improvements on occupational issues [29]. The increase in publications on the cost-benefit of ergonomics shows the relevance of this subject for scientific research, as well as for manufacturing production practices. At the same time, there is little use of financial information related occupational issues exchangeable reduction through investment in ergonomics [9, 13, 24]. The difficult task of gathering relevant information to identify or anticipate the financial benefits of a project of ergonomics is cited by some authors [2, 7, 18, 28]. One of the barriers that hinder the calculation of these potential benefits is the lack of information on occupational problems that might justify an intervention to improve. This problem can still be extended by the lack of interest in the subject on the

part of managers. There is a question around the possibility of incorporating the financial cost-benefit of ergonomics in the decision-making process for managers. The knowledge of when a decision needs to be made is important to allow the process of collecting information prior to the event and not retrospectively [23].

The lack of information to feed the cost-benefit analyses of ergonomics can be a reflection of the fact that it generally does not happen in a preventive manner, when it would be easier and cheaper, and is very expensive after the occurrence of an event such as an accident or an occupational disease.

This article aims to identify if there enough information available to properly assess and quantify the benefits expected from investments on ergonomic projects. It will also identify if the information utilized to measure the projects effectiveness is related in any way to production process management

2 Literature review

A systematic literature review was initiated with the goal of gather application studies about the financial impact of ergonomic projects in several organizations. The search was done via Scholar Google, PubMed, Academic Search Premier, CINAHL and specialized journals, such as Ergonomics, Applied Ergonomics e International Journal of Industrial Ergonomics. The search was done using the term ergonomics associated with costs, benefits, finance, information and project. The studies that did not meet the proposed focus (e.g. on the energy cost of a particular activity), or are not the result of a

practical application were excluded at this stage.

This approach find 18 studies, which was read by three researches to define the type of information used to calculate the

financial benefits of the ergonomics projects. This information and its sources are presented in Table 1.

Table 1. Information about financial benefit of ergonomics projects found. The numbers in the right column represent the studies in the reference section of this paper. The numbers in the left column are linked with the checklist on the results section.

	INFORMATION	STUDIES
1	Productivity	1, 14, 8, 26, 27, 16, 19, 17, 30, 15, 12, 6, 27
2	Lost work days	1, 21, 26, 16, 5, 19, 17, 12, 6
3	Product with errors/rejects or returns	14, 27, 30, 12
4	Turnover	1, 14, 22, 26
5	Overtime work	21, 20, 14, 27
6	Cycle time of tasks	8, 27, 30
7	Absenteeism caused by injuries/illness	1, 21, 20, 14, 25, 26, 16, 5, 19, 17, 12, 6
8	Work time loss caused by injuries/illness	21, 20, 25, 26, 4, 19, 17, 12
9	Incidence and severity of injuries and illness	21, 20, 14, 22, 25, 26, 4, 19, 17, 12, 6
10	Incidence of physical pain	20, 16, 5, 19, 17, 6
11	Cost of substandard performance	1, 26, 27, 19, 17, 30, 6
12	Rework costs	27, 30
13	Cost of injury/illness treatment (medical, exams, medicaments, physiotherapy, transports)	21, 20, 22, 26, 16, 4, 19, 17, 12, 6
14	Cost of total or partial incapacitation	26
15	Compensation costs	1, 21, 14, 22, 26, 16, 5, 4, 19, 17, 12, 6
16	Cost of administration processes for new hires	1, 14, 26, 4, 15, 12
17	Cost of legal proceedings related to injuries/illness	25, 26
18	Training costs of new workers	1, 20, 14, 26, 19, 17, 30

3 Methodological procedures

The study was conducted in two stages. From the results of the systematic review a checklist was drawn up to guide the identification of information available in each organization. To do this, the information utilized were identified in each study of revision, discussed between the researchers and then organized in a checklist format. This list was constructed by contemplating the sources of each kind of information. Only the information that represented, even indirectly, results of an ergonomics project were considered on this research, for example, the cost of rework in task improvement interventions.

The second stage was the application of a structured interview to identify the existence of information that may justify investment in ergonomics projects within the company's management. Therefore, the interview aims to identify how information is used in the company, as well as highlight the existing culture of Ergonomic Management.

Five questions conducted the interview and aimed determine professional characteristics of the respondent as well as the relationship between health and productive system information with ergonomics management. This separation was made to facilitate the understanding the respondent comprehension about the subject.

The main discussion topics found in the studies of the revision served as a basis for interview questions. Before application of the interview, the respondent

received information about the theme of the research, its objectives and its purpose.

4 Results

As the methodological procedures described, a checklist was prepared based on the information found in the systematic review. Basically, the researchers marked with "YES or NO" the existence of each one of the information on the checklist and wrote down a commentary about it. Managers helped to fill the checklist according to the company's management practices. After that, an interview regarding the main subjects on this study was made with the managers.

The study was applied in a large manufacturer of glass containers, located in south of Brazil and in a major paper converting facility located in Portugal.

4.1 GLASS MANUFACTURER

The first application of the proposed methodology was carried on in a glass containers manufacturer, which has bottles of wine and beer as their main products. The plant was visited by the browser in the first quarter of 2011, where the application of the checklist and interview with managers. The glass manufacturer is linked to a central company in another state where all key information and financial management of the group is process. This group of information that is sent to this central constitutes the biggest concerns of managers of the plant. There are four subgroups: productivity (yield, production speed and time of an exchange of product), quality (scrap, rework and discards), safety (accidents with or without

removal, health care and prevention actions) and human resources (absenteeism from various causes, turnover, number of workers and overtime).

Figure 1. Interview made with the glass company manager. Questions are positioned in the gray areas and answers in the white ones.

Interview

What is your function in the company, experience on the area and what is your relation with ergonomics?

My function is analyst of industrial control. I work at company for four years and a half and don't have direct contact with ergonomics.

How the health information (of the checklist) is used on the ergonomics management?

The company's physician informs the managers for the main information that he believes that may cause larger impact in the company. Than for, preventions actions are developments to avoid bigger problems. This information of health and safety are enough for our management.

How the productive system information (of the checklist) is used on the ergonomics management?

In general that relation does not exist between production information and ergonomics. But if an information as turnover is high (beyond of expecting) the causes begins to be investigated by the managers.

In your opinion, what barriers prevent the calculation of financial losses arising from problems related to working condition?

Mainly the lack of specific information and the fact that the company shows that information only for the managers, isolating the system operators.

Any more topics that you would like to share?

Beyond the compensation information mentioned in this study we calculate the "wage bill" of the company. This means a summity of costs in a worker life. That includes trainings, uniforms and IPE (Individual Protection Equipment), among others.

The manager interviewed (Figure 1) has access to the company's information and at the same time administer improvement projects of work conditions. One of the results of this interview indicates that company's culture doesn't believe that ergonomic projects could provide financial

benefits what so ever. Therefore the financial information's are not used with this finality.

The results of the checklist are presented in Table 2. The existence or not of each information on the list was marked and a commentary regarding its utilization completes the observation.

The first result that can be seen is that most items of the checklist are available in the company. In addition, an important feature of the information available is that they usually correspond to an entire industry or even the whole plant, not a specific working condition as a job.

4.2 PAPER CONVERTING PLANT

The research was also deployed in a paper converting plant in Portugal maintaining the same methodology. The paper converter is supplied with paper reels with different diameters and widths, huge number of SKU (Stock Keeping Units) of different paper qualities and substances. High degree of automation is present throughout all the plant and a very sophisticated IT System, linking converting processing orders with MRP (Material Replenishment Planning) systems and converting floor level machinery interfaces, guaranties proper workflow control. Paper sheets of different sizes, dully packed in boxes and pallets, are made available for the market (mainly big printers, publishing editors and offices). Automatic downloading of converting machinery settings and the retrieve of production data, rates, efficiencies, hourly output, on line costs, on line inventory and others, is part of the management system.

The checklist applied in the Paper Converter is presented in Table 3. Almost half of the information of the checklist was not found in the converting facility management. Due to the insurance company role, information cost related to accidents and injuries, on a case to case basis, is not

monitored. All the other variable and fixed production costs, as well as direct and indirect personnel costs related with normal and extra working hours, with transportation to factory, performance, hiring and training are used.

Table 2. Results of the glass manufacturer checklist. The numbers in the left represent the information described in Table 1.

	YES	NO	COMMENTS
1	X		The productivity is measured by the relationship between the weight of glass saleable and the weight of molten glass. This information represents the productivity as a whole, not possessing specificity of sectors of the company.
2	X		Several reasons is registered for lost work days.
3	X		It is considering one of the principal information, but it depends of series of technical characteristics to relate at the specific sector. It is quantified by the difference between the total incomes expected and what has been accomplished.
4	X		Not separated by sectors.
5	X		Consider all the productive sectors where the extras-hours are needed.
6	X		Only in some tasks.
7	X		The company does not consider as a relevant problem because absenteeism for other reasons also exists such as personal, social and no occupational health matters.
8		X	The company does not consider a relevant problem.
9		X	The company does not consider a relevant problem.
10	X		The Medical department of the company control this information and do the management of occupational health based on the higher impacts observed.
11	X		This is not specifically sectors of the company, however the sectors had some information of internal defects and they are related to the losses. Beyond that, the company does not relate possible variations of worker performance with work conditions ergonomically unfavorable.
12	X		Doesn't have any specificity for the sectors
13	X		The company does not consider it as a relevant problem. The known costs with health are investments in prevention, periodical consults and preventive exams.
14	X		The company does not consider a relevant problem.
15		X	Not even knowledge by the company.
16	X		Not considered as information related with worker conditions.
17	X		
18	X		Compose de value name "Wage bill". It considers many costs directly relate to the worker in all his company work life.

The interview results shown in Figure 2 were made with the factory director who is also the responsible for occupational health and safety in the company. The high level of quantified information available was easily identified, which could become part of a preventive ergonomic management

strategy that could lead to a reduction of costs with health, occupational injuries and rework.

Figure 2. Description of the interview made with a paper converting company director. Questions are positioned in the gray areas and answers in the white ones.

Interview

What is your function in the company, experience on the area and what is your relation with ergonomics?

I'm a company director with 30 years of experience which 20 was on this company. I'm responsible for managing the safety and health technicians.

How the health information (of the checklist) is used on the ergonomics management?

Preventive and Corrective actions as a result of an accident, or a near accident situation, are the ones more common in the factory environment. This kind of information is used on the ergonomics management only on an indirect way. A Health and Safety plan is mandatory, all accidents are fully analyzed and authorities are very keen on inspections. Recent health problems related with "LMERT" are becoming reason for concern.

How the productive system information (of the checklist) is used on the ergonomics management?

The information of productive processes has more impact on safety issues. Ergonomics it's not yet a part of our industrial culture. I believe that maybe in the automotive sector the ergonomics point of view is different because of the repetitive tasks.

In your opinion, what barriers prevent the calculation of financial losses arising from problems related to working condition?

Because of the low accidents frequency the impact is also low. The material responsibility (not civil or criminal responsibility) is transferred to insurance companies which are starting to get concerned about the situation and their price is getting high. They are also more rigid on its standards and for the first time inspections are taking place to investigate the accidents, including the witness use for serious cases and to prevent fraud. The insurance company has the interest of doing risk assessment and even workers motivation programs to decrease accident rates and insurance costs.

Anymore topics that you would like to share?

Ergonomics doesn't belong yet to the industrial management culture in Portugal in most operations. In our case there is few incorrect posture and repetitive tasks on the assembly line, but the risk assessment of these conditions would be interesting as new data.

information is utilized within ergonomics management was also studied.

Information relevant to the use of the data collected and its correlation with occupational conditions were presented through the application of a checklist and an interview on each of the two companies.

One of the difficulties found in the glass manufacturer was the lack of detail regarding the sectors or departments, roles and work conditions. A more accurate calculation could have been expected if the data available was richer in details. Although this can be considered a general problem when talking about cost-benefit quantification the interview with the Brazilian manager shows disbelief on financial results of an ergonomic investment.

The current management culture of the paper converter does not facilitate the integration between ergonomics principles and companies departments such as finance and occupational health and safety. Ergonomics management in Industrial Plants is still at infant stages in Portugal. Although possesses clear and relevant financial information they do not correlate ergonomics as part of the management system. Actually ergonomics it's considered only as a technical and septic science applied for determined segments such as production lines with repetitive tasks. On the other hand, this organization is a global reference for its investments on work conditions improvement and it shows low levels of incidents. This help to build the boundaries for integrating ergonomics as part of the system management. There are also legal implications in Portugal whereby the big organizations tend to pass the

5 Discussion

The objective of this study was to identify if there enough information available to properly assess and quantify the benefits expected from investments on ergonomic projects. The way in which the

material responsibility (not the civil or criminal responsibility) to manage and handle any work related accidents and diseases, cost of hospitals, eventual compensations and others to insurance companies.

The use of a fully integrated ergonomics management system as a

preventive measure that aim to provide solutions and preempt answers can become unattractive, although we truly believe to be the most economical and effective exit for a successful organization in Portugal, Brazil or any country with mid to long term commitment with its environment and community.

Table 3. Results of the paper manufacturer checklist. The numbers in the left represent the topics described in Table 1

	YES	NO	COMMENTS
1	X		It's based on a shift, daily, month, year, production output, or number of product units delivered to final shipping warehouse, per number of worked hours, workers in the plant, shift or resource center. As an overall figure could be expressed in tones achieved per worker.
2	X		Related to disease, accidents, maternity and family issues.
3	X		Number of complaints or returns for each 1000 tons sold plus complaints costs.
4	X		Considered low but is known for sector.
5	X		Calculated by sector as a percentage of total Available Working Time. Absolute number of extra hours per area, with related costs, are calculated and reported.
6		X	
7	X		
8	X		
9	X		Severity and Frequency Index monitored and reported.
10	X		Medical Department reports.
11	X		Losses cost due to low performance is expressed as costs of complaints, return of products, poor order book, compensation for late deliveries and others .
12		X	
13		X	The Insurance Company takes care of these costs on a case by case basis and, therefore, this information is not made available at Sector level to plant supervisors.
14		X	This material responsibility is passed to the Insurance Company.
15		X	
16	X		Cost of temporary workers for substitutions of those absent due to illness, injuries or accidents.
17		X	
18	X		

Perhaps the great difference between both companies on this study is the maturity stage concerning the use of information on management system.

Unfortunately, the lack of an economic justification for ergonomics view is a resemblance among the glass and paper

manufacturers. Not to mention the manufacturing industry as a whole.

Nonetheless this is not an issue exclusive to ergonomics but shared by any discipline involved with the production management system [23].

The organization and its management are unaware of the possibility of using the data such as described on this study to justify projects and investments in ergonomics. Some hypotheses to justify the lack of the knowledge states that the deployment of bad ergonomics by unqualified professionals brings the wrong idea that ergonomics are common sense and that decision makers are proactively investing on it because is considered the right thing to do [11].

The level of data available shows that we are able to provide a more accurate representation of the costs involved with occupational issues that could be solved by ergonomics. It is important to mention that the information on this study belongs to the research methodology published internationally and that some are not usually utilized on the management of health, safety or ergonomics, as per case study presented.

6 Conclusion

The study presented a case study showing the existence and the use of information to assess the economic benefits of investments in ergonomics projects. It was possible to establish through the data collected that most of the information utilized in ergonomic research are available although its use to justify the implementation of ergonomic measures are

unknown by the industrial management consulted. There is a great need to demystify and clarify the use of ergonomics and its economic benefits. Researches must address how to correlate the data and its financial impact on organizations Ergonomics can be considered a positive contributor to not only health and workers wellbeing but also positive return of investment.

References

- [1] A. Aarås, The impact of ergonomic intervention on individual health and corporate prosperity in a telecommunications environment, *Ergonomics* 37 (1994), 10, 1679-1696.
- [2] L. Abrahamsson, Production economics analysis of investment initiated to improve working environment, *Applied Ergonomics* 31 (2000), 1-7.
- [3] D. Beevis and I.M. Slade, Ergonomics - costs and benefits, *Applied Ergonomics* 34 (2003), 413-418.
- [4] P.J.W. Carrivick, A.H. Lee, K.K.W. Yau, and M.R. Stevenson, Evaluating the effectiveness of a participatory ergonomics approach in reducing the risk and severity of injuries from manual handling, *Ergonomics* 48 (2005), 8, 907-914.
- [5] R. Chokkar, C. Engst, A. Miller, D. Robinson, R.B. Tate, A. Yassi, The three-year economic benefits of a ceiling lift intervention aimed to reduce healthcare worker injuries, *Applied Ergonomics* 36 (2005), 223-229.
- [6] M.T. Driessen, J.R. Anema, K.I. Proper, P.M. Bongers, A.J. van der Beek, Stay@work: participatory ergonomics to prevent low back and neck pain among workers: design of a randomised controlled trial to evaluate the cost-effectiveness, *BMC Musculoskeletal Disorders* 9 (2008), 145.
- [7] A.C. Falck, R. Örtengren, D. Högberg, The impact of poor assembly ergonomics on product quality: a cost-benefit analysis in car manufacturing, *Human Factors and Ergonomics in manufacturing ; Service Industries* 20 (2010), 1, 24-41.
- [8] P.A. Hastings, M. Merriken, W.B. Johnson, An analysis of the costs and benefits of a system for FAA safety inspections, *International Journal of Industrial Ergonomics* 26 (2000), 231-248.
- [9] H. Hendrick, Determining the cost-benefits of Applying ergonomics to systems: Some documented "lessons learned", *Applied Ergonomics* 39 (2008), 418-426.
- [10] H. Hendrick, Determining the cost-benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success, *Applied Ergonomics* 34 (2003), 419-427.
- [11] H. Hendrick, Good ergonomics is good economics, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society, 40th Annual Meeting, (1996), Santa Monica, CA.*
- [12] R. Hughes, N. Nelson, Estimating investment worthiness of an ergonomic intervention for preventing low back pain from a firm's perspective, *Applied Ergonomics*, 40 (2009), 457-463.
- [13] S. Jenkins, J. Rickards, Justifying investments in ergonomics - pre-intervention, *SELF-ACE CONFERENCE*, 3 (2001), 12-16.

- [14]K. Kemmlert, Economic impact of ergonomic intervention - four case studies, *Journal of Occupational Rehabilitation*, 6 (1996), 1, 17-32.
- [15]M.P. Kerr, D.S. Knott, M.A. Moss, C.W. Clegg, R.P. Horton, Assessing the value of human factors initiatives, *Applied Ergonomics*, 39 (2007), 305-315.
- [16]P. Kim, J.A. Hayden, S.A. Mior, The cost-effectiveness of an education program for firefighters: a case study, *Journal of Canadian Chiropractic Association*, 48 (2004), 1, 13-19.
- [17]S. Lahiri, J. Gold, C. Levensteins, Net-cost model for workplace interventions, *Journal of Safety Research*, 36 (2005), 241-255.
- [18]S. Lahiri, P. Markkanen, C. Levenstein, The cost effectiveness of occupational health interventions: preventing occupational back pain, *American Journal of Industrial Medicine*, 48 (2005), 515-529.
- [19]S. Lahiri, J. Gold, C. Levensteins, Estimation of net-costs for prevention of occupational low back pain: three case studies from the US, *American Journal of Industrial Medicine*, 48 (2005), 530-541.
- [20]P. Lanoie, S. Tavenas, Costs and benefits of preventing workplace accidents: the case of participatory ergonomics, *Safety Science*, 24 (1996), 3, 181-196.
- [21]P. Lanoie, L. Trottier, Costs and benefits of preventing workplace accidents: going from a mechanical to a manual handling system, CIRANO (1995), Montreal.
- [22]P.F. Riel, D. Imbeau, The economic evaluation of an ergonomic investment for preventive purposes: a case study, *Journal of Safety Research*, 28 (1997), 3, 159-176.
- [23]W.B. Rouse and K.R. Boff, Assessing cost/benefits of human factors, in: *Handbook of human factors and ergonomics*, G. Salvendy, 2nd ed, John Wiley ; Sons, Inc., New York, 1997.
- [24]M. Rowan, P. Wright, Ergonomics is good for business, *Work Study*, 43 (1994), 8, 7-12.
- [25]S. Schneider, Ergonomic intervention has a return on investment of 17 to 1, *Appl. Occup. Environ Hyg*, 13 (1998), 4, 212-213.
- [26]P.A. Seeley, R.W. Marklin, Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility, *Applied Ergonomics*, 34 (2003), 429-439.
- [27]R.N. Sen, P.H.P. Yeow, Cost effectiveness of ergonomic redesign of electronic motherboard, *Applied ergonomics*, 34 (2003), 453-463.
- [28]C.M. Sommerich, Economic analysis for ergonomics programs, in: *Occupational Ergonomics: Design and Management of Work Systems*, W. Karwowski, W.S. Marras, CRC Press, New York, 2003.
- [29]E. Tompa, R. Dolinschi, C. Oliveira, B.C. Amick III, E. Irvin, A systematic review of workplace ergonomic interventions with economic analyses, *Journal of Occupational Rehabilitation*, nov (2009).
- [30]P.H.P. Yeow, R.N. Sen, Productivity and quality improvements, revenue increment, and rejection cost reduction in the manual component insertion lines through the application of ergonomics, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36 (2006), 367-377.

