

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E
SISTEMAS

DALILA G. PAGNONCELLI LAPERUTA

FRAMEWORK ESPECIALISTA DE FERRAMENTAS PARA
AVALIAÇÃO ERGONÔMICA

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2016

DALILA G. PAGNONCELLI LAPERUTA

***FRAMEWORK ESPECIALISTA DE FERRAMENTAS PARA
AVALIAÇÃO ERGONÔMICA***

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Sistemas Produtivos: Ergonomia.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Luiz Ribas Pessa

PATO BRANCO

2016

L311f Laperuta, Dalila Giovana Pagnoncelli.
Framework especialista de ferramentas para avaliação ergonômica /
Dalila Giovana Pagnoncelli Laperuta. -- 2016.
96 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Sergio Luiz Ribas Pessa
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.
Pato Branco, PR, 2016.

Inclui bibliografia.

1. Ergonomia. 2. Framework (Programa de computador). 3. Software –
Fatores humanos. I. Pessa, Sergio Ribas, orient. II. Universidade
Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção e Sistemas. III. Título.

CDD 22. ed. 670.42

Ficha Catalográfica elaborada por
Suélem Belmudes Cardoso CRB9/1630
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco

TERMO DE APROVAÇÃO Nº 07

Título da Dissertação

FRAMEWORK ESPECIALISTA DE FERRAMENTAS PARA AVALIAÇÃO ERGONÔMICA

Autora

Dalila Giovana Pagnoncelli Laperuta

Esta dissertação foi apresentada às 14 horas do dia 20 de outubro de 2016, como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS – Linha de Pesquisa Engenharia Organizacional e do Trabalho – no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A autora foi arguida pela Banca Examinadora abaixo assinada, a qual, após deliberação, considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Sergio Luiz Ribas Pessa
UTFPR - Presidente

Profª Drª Lia Buarque de Macedo Guimarães
UFRGS - Examinadora

Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira
UTFPR - Examinador

Visto da Coordenação

Prof. Dr. Sandro César Bortoluzzi
Vice-Coordenador do PPGEPS

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do PPGEPS.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me concedeu saúde e perseverança para trilhar este caminho junto aos meus.

A minha família, que incentivou, apoiou e compreendeu este momento. Agradecimento especial ao meu marido, ao meu filho, à minha mãe e sogros, com os quais pude contar sempre. Amo vocês!

Ao meu orientador, que acreditou em mim antes de mim mesma. Obrigada pelo incentivo, acolhida, ritmo, oportunidades e conquistas na condução deste projeto (continua...)

A UTFPR Pato Branco, pelo afastamento integral durante o último ano do mestrado, tempo indispensável à produção científica e à conclusão desta pesquisa; aos meus colegas de trabalho, por assumirem minhas atividades durante minha ausência.

Aos profissionais de ergonomia e tecnologia da informação, pelo trabalho, tempo, conhecimento e comprometimento dispensados em prol deste projeto.

Aos professores do programa, em especial àqueles que foram membros em minhas bancas e/ou ministraram disciplinas, obrigada pelos ensinamentos, direções, carinho e apoio ofertados; ao membro externo, por nos honrar com sua referência, comprometimento e contribuições.

Aos colegas do programa, em especial aos membros (permanentes ou temporários) do NEO® – Núcleo de Pesquisa em Ergonomia, Segurança e Organização do Trabalho, com os quais cresci e aprendi a construir em equipe.

E a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para esta realização!

A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.

(Arthur Schopenhauer)

Lute com determinação, abrace a vida com paixão, perca com classe e vença com ousadia, porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito bela para ser insignificante.

(Charles Chaplin)

RESUMO

LAPERUTA, Dalila Giovana Pagnoncelli. **Framework especialista de ferramentas para avaliação ergonômica**. 2016. 73 f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

Com o objetivo de propor uma interface entre especialista em ergonomia e métodos/ferramentas de avaliação ergonômica, este estudo buscou conhecer e analisar o cenário investigado e propor soluções. Este estudo tem início na investigação desses métodos, definindo-os, quantificando as publicações relacionadas e contrastando essas informações com os métodos utilizados pelos profissionais, suas percepções e recomendações. Essas perspectivas levaram os autores a investigar o processo de análise ergonômica, a partir da literatura e procedimentos de campo, a fim de propor um software que auxiliasse o processo de escolha e aplicação do método. Com o apoio da engenharia de software, realizou-se um levantamento de requisitos para identificar as necessidades dos especialistas locais em Pato Branco – PR. Esses requisitos foram ranqueados e mapeados em protótipo de software, validado pelos profissionais. A partir dessas análises (processo e requisitos), um *framework* conceitual foi proposto a fim de representar uma nova abordagem para o processo, onde a avaliação é realizada a partir do aspecto avaliável, sendo possível aplicar todos os métodos relacionados que estejam incorporados ao software. Esta nova abordagem não substitui a anterior, entretanto, dispensa a escolha do método sem a excluir, permitindo ao especialista conhecer, aplicar e analisar o resultado de diversos métodos, independentemente de seu portfólio profissional. A versão inicial do protótipo foi desenvolvida e um teste piloto foi aplicado junto a uma empresa de ergonomia, para validação do software. Os resultados da aplicação do software enriqueceram a atual abordagem, permitindo a aplicação de um método que não pertencia ao portfólio do profissional, reforçando as avaliações anteriores e trazendo novas contribuições à avaliação ergonômica.

Palavras-chave: Ergonomia. Métodos e Ferramentas de Avaliação Ergonômica. *Framework* Conceitual. Análise Ergonômica. Requisitos. Prototipação.

ABSTRACT

LAPERUTA, Dalila Giovana Pagnoncelli. **Specialist framework to ergonomic assessment tools**. 2016. 73 f. Dissertation - Graduate Program in Industrial and Systems Engineering, Federal University of Technology – Paraná, Brazil. Pato Branco, 2016.

To propose a specialist in ergonomics and ergonomic assessment methods/tools interface, this study searched to know and analyze the investigated scenario and propose solutions. This study begins in the investigation of these methods, defining them, quantifying the related publications and contrasting this information with the methods used by professionals, their insights and recommendations. These prospects took the authors to investigate the process of ergonomic analysis, from the literature and field procedures, in order to propose a software that would help the process of choosing and applying the methods. Software engineering supports a survey of requirements to identify the needs of local experts in Pato Branco - PR. These requirements were ranked and mapped in software prototype, validated by professionals. From these analyzes (process and requirements), a conceptual *framework* has been proposed to represent a new approach to the process where the assessment is carried out from the evaluable aspect, it is possible to apply all related methods that are incorporated into the software. This new approach does not replace the previous one, however, dispenses the choice without exclude it, allowing the expert to know, apply and analyze the results of different methods, regardless of their professional portfolio. The initial version of the prototype was developed and a pilot test was applied to an ergonomics company, for software validation. The software application results enriched the current approach, allowing the application of a method that did not belong to the professional portfolio, reinforcing previous evaluations and bringing new contributions to the ergonomic evaluation.

Keywords: Ergonomics. Ergonomic Assessment Methods and Tools. Conceptual *Framework*. Ergonomic Analysis. Requirements. Prototyping.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Delineamento da pesquisa. Elaborado pelo autor.	23
Figura 2: Análise das publicações relacionadas aos métodos ergonômicos nos últimos dez anos e tendências. Comportamento linear, crescimento se mantém nos próximos dois anos.	27
Figura 3: Frequência de publicações associadas ao método de maior frequência: NIOSH. Comportamento linear, crescimento se mantém nos próximos dois anos.	27
Figura 4: Frequência de publicações associadas ao método de Fanger. Comportamento linear, crescimento se mantém nos próximos dois anos.	28
Figura 5: Frequência de publicações associadas ao método de NASA-TLX. Comportamento linear, crescimento se mantém nos próximos dois anos.	28
Figura 6: Construção de modelos conceituais em engenharia de produção. FONTE: Muniz Junior <i>et al.</i> , 2009.	40
Figura 7: Processo de análise ergonômica, por Guérin (2001), Lima (2004) e Másculo e Vidal (2011).	42
Figura 8: Síntese das etapas da análise ergonômica. Elaborado pelo autor a partir da Figura 7.	43
Figura 9: Métodos de avaliação utilizados pelas empresas especializadas em avaliação ergonômica em Pato Branco - PR. O indicador “OUTROS” é formado pelos métodos: NASA-TLX, AET, ACGIH, NR's, NHO, MOORE & GARG (JSI), MICHIGAN, MALCHAIRE, SUE RODGERS e CORLET, onde cada método apresentou incidência = 1. Elaborado pelo autor.	45
Figura 10: Árvore de coocorrência gerada a partir das respostas abertas dos especialistas quanto à descrição do processo de análise ergonômica. Gerado pelo software Iramuteq®, elaborado pelo autor.	47
Figura 11: Modelo conceitual do processo de análise e avaliação ergonômica. Elaborado pelo autor a partir da descrição do processo feita pelos especialistas participantes.	48
Figura 12: Telas de consulta e configuração da avaliação ergonômica, com indicação de requisitos correspondentes. Elaborado pelo autor.	50
Figura 13: Coleta de variáveis dos métodos para avaliar carga física. Elaborado pelo autor.	51
Figura 14: <i>Framework</i> de interface especialista/método para avaliação ergonômica. Elaborado pelo autor.	58
Figura 15: Diagrama de classes parcial. Elaborado pelo autor.	60
Figura 16: Evolução da FC durante 4 horas de trabalho. Elaborado pelo autor.	62
Figura 17: Tela de avaliação por aspecto avaliado. Elaborado pelo autor.	64
Quadro 1: Estrutura da dissertação no formato de artigos encadeados. Elaborado pelo autor.	11
Quadro 2: Os 24 métodos ergonômicos classificados neste estudo, suas definições e procedimentos para aplicação. Elaborado pelo autor a partir de múltiplas fontes.	17
Quadro 3: Análise crítica dos métodos de avaliação ergonômica: vantagens e desvantagens práticas. Elaborado pelo autor.	29
Quadro 4: Métodos recomendados pelos especialistas de acordo com o objetivo de avaliação. Elaborado pelo autor.	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela de frequência para os métodos ergonômicos.	26
Tabela 2: Requisitos para um software de avaliação ergonômica que dispense a escolha do método.	46
Tabela 3: Métodos incorporados ao protótipo para validação do <i>framework</i>	59
Tabela 4: Valores de FC durante o período de 4 horas, e os respectivos valores de entrada para o método <i>Frimat y Chamoux</i>	62
Tabela 5: Registro de FC por hora, atividade e trabalhador envolvido na tarefa.	63
Tabela 6: Resultado do método <i>Frimat y Chamoux</i>	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIC	Akaike Information Criteria
AET	Análise Ergonômica do Trabalho
ASHRAE	American Society for Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers
CCOHS	Canadian Centre for Occupational Health and Safety
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
CSA	Canadian Standards Association
EWA	Ergonomics Workplace Analysis
FC	Frequência Cardíaca
FIOH	Finnish Institute of Occupational Health
IBV	Instituto de Biomecânica de Valência - Espanha
INRS	National Research and Safety Institute
INSTH	Instituto Nacional de Segurança e Higiene no Trabalho
ISO	International Organization for Standardization
JSI	Job Strain Index
KIM	Key Indicator Method
LER/DORT	Lesões por esforço repetitivo // Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho
LEST	Laboratório de Economia e Sociologia do Trabalho
LUBA	Loading on the Upper Body Assessment
MAPFRE	Mutualidad de la Agrupación de Proprietários de Fincas Rústicas de España
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NBR	Normas Brasileiras
NR	Norma Regulamentadora
TLV	Threshold Limit Values
TLX	Task Load Index
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
OCRA	Occupational Repetitive Actions

OREGE	Outil de Reperage et d'Evaluation des Gestes
OWAS	Ovako Working Posture Analyzing System
QEC	Quick Exposure Check
REBA	Rapid Entire Body Assessment
R.N.U.R / Renault	Régie Nationale des Usines Renault
ROSA	Rapid Office Strains Assessment
RULA	Rapid Upper Limb Assessment
SWAT	Subjective Workload Assessment Technique

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Delimitação do tema	8
1.2	Problemas e premissas	9
1.3	Objetivos.....	9
1.3.1	Objetivo Geral	9
1.3.2	Objetivos Específicos	10
1.4	Justificativa	10
1.5	Procedimentos metodológicos.....	11
1.6	Estrutura da dissertação	12
1.7	Referências do capítulo	12
2	ARTIGOS.....	14
2.1	Artigo 1.....	14
2.1.1	Introdução.....	15
2.1.2	Métodos de Avaliação Ergonômica	16
2.1.2.1	<i>Métodos Ergonômicos.....</i>	<i>17</i>
2.1.3	Materiais e métodos.....	23
2.1.4	Resultados	26
2.1.4.1	<i>Pesquisa dos métodos na base ScienceDirect e análise dos dados</i>	<i>26</i>
2.1.4.2	<i>Elaboração e aplicação de questionário aos especialistas e análise das respostas</i>	<i>28</i>
2.1.4.3	<i>Análise crítica dos métodos e perspectivas para novas abordagens.....</i>	<i>31</i>
2.1.5	Conclusões.....	32
2.1.6	Referências	33
2.2	Artigo 2.....	38
2.2.1	Introdução.....	38
2.2.2	Modelos Conceituais em Engenharia de Produção.....	40
2.2.3	Levantamento de Requisitos de Software.....	41
2.2.4	Processo de Análise Ergonômica.....	42
2.2.5	Metodologia.....	44
2.2.6	Resultados	45
2.2.6.1	<i>Análise das respostas ao questionário e definição dos requisitos.....</i>	<i>45</i>
2.2.6.2	<i>Análise de similitude em resposta aberta</i>	<i>47</i>
2.2.6.3	<i>Modelo conceitual do processo de análise ergonômica</i>	<i>48</i>
2.2.6.4	<i>Prototipagem dos requisitos.....</i>	<i>49</i>
2.2.7	Conclusões.....	52
2.2.8	Referências	53

2.3	Artigo 3.....	56
2.3.1	Introdução.....	56
2.3.1.1	<i>Framework conceitual.....</i>	<i>57</i>
2.3.2	Materiais e métodos.....	58
2.3.2.1	<i>Métodos de avaliação da carga física.....</i>	<i>59</i>
2.3.2.2	<i>Desenvolvimento do protótipo.....</i>	<i>60</i>
2.3.2.3	<i>Participantes.....</i>	<i>61</i>
2.3.3	Resultados.....	61
2.3.4	Discussão.....	65
2.3.5	Conclusão.....	66
2.3.6	Referências.....	66
3	CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO.....	69
	ANEXO A.....	71
	APÊNDICE A.....	72
	APÊNDICE B.....	77
	APÊNDICE C.....	80
	APÊNDICE D.....	87
	APÊNDICE E.....	91
	APÊNDICE F.....	94
	APÊNDICE G.....	95

2 INTRODUÇÃO

2.1 Delimitação do tema

O homem (ser humano) desempenha atividades laborais desde os primórdios, por meio da caça, preparo de alimentos e confecção de roupas, utensílios e abrigos. Com o passar dos anos, e de acordo com os costumes e materiais disponíveis a cada grupo de pessoas, as interfaces dos “produtos” foram aperfeiçoadas em busca de torná-las mais fáceis, eficientes e adequadas. Introduziu-se assim o conceito da ergonomia, buscando, além dos produtos, adaptar as tarefas e ambientes às condições da máquina humana. Essa preocupação ganhou intensidade a partir da revolução industrial, com a produção em massa, a padronização, com o aumento da produtividade e a informatização (IIDA, 2005).

A partir disso, houve maior incidência de doenças osteomusculares e psicológicas relacionadas ao trabalho, devido ao aumento de tarefas mecânicas e repetitivas em posições estáticas por longos períodos, resultando em fadiga física e mental (LUZ *et al.*, 2015). Segundo dados mundiais da Organização Internacional do Trabalho (OIT, 2015), 2,02 milhões de pessoas morrem a cada ano devido a enfermidades relacionadas ao trabalho, e outras 160 milhões sofrem de doenças não letais, também laborais, estando o Brasil como quarto colocado no ranking mundial de acidentes fatais de trabalho. De 2011 a 2013 foram registrados pelo Ministério da Previdência Social (MPS) do Brasil 48.963 acidentes decorrentes de doença do trabalho, conforme Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho 2013 (MPS, 2015), indicadores que destacam a relevância da ergonomia para a saúde do trabalhador, governos e sistemas produtivos, devido ao alto custo para a sociedade, impacto na produtividade e no sistema de seguridade social. Thun *et al.* (2011) ressaltam que a ergonomia é um importante elemento no *design* do processo de produção em empresas de manufatura, preservando e aumentando a competitividade e eficiência de uma empresa, além de melhorar a saúde e segurança ocupacional.

Nesse contexto, a análise dos postos de trabalho estuda uma parte do sistema, através da análise da tarefa, da postura, dos movimentos, e da exigência física-cognitiva do trabalhador, cuja aplicação sistemática na indústria é disparada por sintomas como alto índice de erros, acidentes, doenças, absenteísmos e rotatividade dos empregados (IIDA, 2005). Essa investigação é feita através de métodos para análise da demanda (inadequações ergonômicas), tais como AET, geralmente associado a métodos específicos para avaliar as demandas identificadas. Esses métodos sistematizam a forma de avaliar a adequação das condições de

trabalho ao homem, por meio de diversos instrumentos para regulamentar, analisar, medir e adequar os aspectos ergonômicos do trabalho, através de instrumentos qualitativos e quantitativos (MÁSCULO; VIDAL, 2011). Esses instrumentos são desenvolvidos e validados por institutos de ergonomia e segurança do trabalho, ou ainda por especialistas em ergonomia.

Os ergonomistas, ao realizarem a análise ergonômica do trabalho, selecionam, de acordo com suas experiências, conhecimentos, restrições (equipe, tempo, dinheiro), indicações ou recomendações, o método, ou ainda, a combinação de métodos mais adequada à cada contexto (IIDA, 2005). Entretanto, não há muita objetividade neste processo, onde profissionais escolhem diferentes métodos ou diferentes combinações de métodos para uma avaliação semelhante, ou ainda, um mesmo método, aplicado no mesmo ambiente por profissionais distintos, pode gerar resultados diferentes. Essas questões sugerem uma problematização em “escolher um método”, e ainda, instiga a busca por relatórios mais amplos para avaliação ergonômica, tal qual acontece com o método AET para a análise ergonômica. Acredita-se que uma interface entre método e especialista possa gerar avaliações mais completas, e ainda, permitir novas perspectivas para o processo. Para tanto, esta pesquisa propõe um *framework* especialista para avaliação ergonômica orientado pelo aspecto avaliado (artigo 3), a partir da investigação e análise crítica dos métodos existentes (artigo 1), e do modelo conceitual do processo e levantamento de requisitos junto aos ergonomistas (artigo 2).

2.2 Problemas e premissas

- a. É possível criar um *framework* que realize a interface entre especialista e métodos/ferramentas?
- b. Diante deste *framework*, que possibilite coletar todos os dados relacionados à avaliação, é possível ao profissional gerar relatórios mais amplos, inclusive a partir de métodos por ele desconhecidos?

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo Geral

Gerar relatórios mais amplos a partir de um *framework* de interface entre especialista e ferramenta/método para avaliação ergonômica orientado por aspecto avaliado.

2.3.2 Objetivos Específicos

- a. Analisar os métodos/ferramentas de avaliação ergonômica mais citados nas publicações e recomendados por especialistas, identificando suas definições, vantagens e desvantagens;
- b. Modelar o processo de análise ergonômica, com base nos modelos existentes e nas recomendações da área de engenharia de produção;
- c. Levantar requisitos junto aos ergonomistas e projetar um software que realize a interface entre especialista e métodos;
- d. Propor um *framework* para avaliação ergonômica que dispense a escolha do método, com base no levantamento de requisitos;
- e. Desenvolver um protótipo de software para aplicação do *framework* proposto;
- f. Aplicar a software e analisar resultados.

2.4 Justificativa

A ergonomia já está consolidada nos processos produtivos de forma ampla (tarefas, postos de trabalho, condições ambientais), sendo aplicada a situações cada vez mais diversas. A evolução da utilização da ergonomia no início da revolução industrial se deu voltada para a padronização do processo produtivo e redução de falhas e paradas, contemporaneamente tem se voltado à preservação do trabalhador. Essa ciência do trabalho adaptado ao homem pode ser considerada recente, se pensarmos que iniciou há um pouco mais de meio século. Entretanto, o ritmo de evolução e mudanças a partir da década de setenta foi acelerado, o que indica que os avanços acontecem em menor espaço de tempo.

Esta dinâmica de evolução contemplou o aparecimento de diversos métodos ergonômicos nas últimas décadas, gerando superposições de aplicação e redundâncias de métodos. Este cenário de escolha de um método específico e também o conhecimento de todos os existentes, dificulta ao profissional de ergonomia conhecer e testar a todos a fim de eleger o método mais adequado à determinada situação. Portanto, neste cenário, há demanda por organizar e sistematizar o processo de escolha do método, de forma a realizar uma interface entre especialista e ferramentas, permitindo a aplicação de métodos conhecidos e desconhecidos pelo profissional.

Espera-se que os métodos e demais instrumentos revisados possam fundamentar, estimular e disseminar as possibilidades ou reforçar as escolhas pelos profissionais da ergonomia no processo de avaliação, colaborando para a adaptação do trabalho ao homem. Esse

estudo também busca colaborar para a compreensão do processo de avaliação ergonômica (modelo conceitual), a fim de propor melhorias ao processo, buscando reduzir a subjetividade e gerar relatórios mais amplos a partir de um *framework* de avaliação ergonômica.

2.5 Procedimentos metodológicos

O Quadro 1 descreve os respectivos passos metodológicos de cada artigo que comporá a dissertação, os quais serão incorporados a este documento, preservado o formato do periódico ao qual foi ou será submetido.

Quadro 1: Estrutura da dissertação no formato de artigos encadeados. Elaborado pelo autor.

Artigo	Metodologia	Passos metodológicos
Artigo 1: “Análise crítica de métodos / ferramentas de avaliação ergonômica: perspectivas para novas abordagens”.	Pesquisa descritiva e exploratória, pois busca familiarizar-se com o objeto de estudo através de levantamento bibliográfico, entrevistas e exemplos (GIL, 2002) Esta pesquisa é de caráter qualitativo, envolvendo dados quantitativos secundários que corroboram para à sua construção, realizada sob os preceitos do método de Estudo de Campo ou Pesquisa de Campo, onde um estudo teórico é conduzido através de discussões conceituais a partir da literatura.	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar literatura sobre ergonomia; - Revisar literatura sobre métodos ergonômicos; - Definir os métodos selecionados; - Buscar citações dos métodos em base científica (abordagem quantitativa); - Analisar os dados das citações através de estatística descritiva; - Coletar opinião de especialistas através de questionário (abordagem qualitativa); - Analisar os métodos mais incidentes, confrontando as recomendações contidas na literatura com as recomendações dos especialistas e os dados de citação; - Propor perspectivas para novas abordagens.
Artigo 2: Modelo conceitual do processo de análise ergonômica: projeto de software para interface especialista / método	Revisão de literatura (GIL, 2010), a fim de definir os principais conceitos envolvidos, combinado à pesquisa de campo para aperfeiçoar o modelo do processo investigado. Os passos metodológicos da pesquisa de campo foram os propostos por Muniz <i>et al.</i> (2008) (Figura 6), aplicados através de métodos de coleta de dados da engenharia de requisitos.	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar literatura sobre modelos conceituais em engenharia de produção; - Revisar literatura sobre levantamento de requisitos; - Revisar literatura sobre o processo de análise ergonômica; - Análise e síntese dos modelos conceituais; - Realizar estudo de campo em empresas especializadas, por meio de questionário e <i>brainstorming</i>, para compreender o processo de avaliação; - Levantar requisitos para um software que dispense a escolha do método; - Analisar respostas abertas, por análise de similitude, para aperfeiçoar o modelo; - Propor um modelo conceitual de análise ergonômica, com base nas etapas anteriores; - Elaborar protótipo de software para representar os requisitos propostos.
Artigo 3: “ <i>Framework</i> especialista para ferramentas de avaliação ergonômica”	Pesquisa-ação, pois tem interesse na percepção dos envolvidos no fenômeno (MIGUEL <i>et al.</i> , 2012) a fim de transformar a realidade. Por estar fortemente associada ao contexto, será conduzida de forma rigorosa, ampla e sequencial, apresentando fidedignidade metodológica e outras características de validade propostas por Mello <i>et al.</i> (2011) e Miguel <i>et al.</i> (2012).	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar literatura sobre <i>frameworks</i> conceituais; - Definir aspecto avaliado e respectivos métodos que serão incorporados ao protótipo; - Desenvolver um protótipo de software que implementa o conceito do <i>framework</i> proposto; - Realizar testes de software para validar o protótipo, simulando avaliações; - Aplicar o software e analisar os resultados.

2.6 Estrutura da dissertação

Este documento está estruturado em forma de artigos encadeados, incorporados nos próximos capítulos conforme formato do periódico ao qual serão submetidos. O primeiro artigo apresenta estudos preliminares ao tema central da dissertação, a fim de analisar os métodos de avaliação ergonômica por meio da identificação e definição dos métodos, incidência de publicações e análise por especialistas, buscando perspectivas para propor soluções que otimizem o processo. O segundo artigo, se ocupa em conhecer (revisão de literatura), investigar (estudo de campo) e modelar o processo de avaliação ergonômica, buscando aprimorar os modelos existentes e gerar o delineamento de uma nova abordagem (*framework*) que dispense a escolha do método de avaliação, a partir da engenharia de requisitos. O terceiro e último artigo da dissertação propõe um *framework* para avaliação ergonômica que realize a interface entre especialista e método, conforme requisitos e layout projetados no artigo 2. Por meio do desenvolvimento e aplicação de um protótipo de software que implemente o conceito do *framework*, ocorre a comparação entre avaliações, em situações de escolha e “não escolha” do método, em busca de avaliações mais amplas.

2.7 Referências do capítulo

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2002 p. 41-42.

IIDA, Itiro. Ergonomia - Projeto e Produção. 2ª edição, revista e ampliada. Editora Blucher, cap.2.6. São Paulo, 2005.

LUZ, Roger P. *et al.* Avaliação da atividade do operador de torno semiautomático para peças seriadas – um estudo ergonômico. V CONBREPRO – Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa – PR, Dezembro de 2015.

MÁSCULO, Francisco Soares. VIDAL, Mario Cesar, (orgs). Ergonomia – Trabalho adequado e eficiente. Rio de Janeiro: Elsevier / ABEPRO 2011.

MELLO, Carlos Henrique Pereira *et al.* Pesquisa-ação na engenharia de produção: Proposta de estruturação para sua condução. Production, vol.22, nº1. São Paulo, Agosto de 2011.

MIGUEL, Paulo Augusto C. *et al.* Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. 2ª edição, Elsevier, 2012.

MPS – Ministério da Previdência Social. Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho 2013. Acesso em novembro de 2015. Disponível em: <http://www.previdencia.gov.br/dados-abertos/aeat-2013/estatisticas-de-acidentes-do-trabalho-2013/subsecao-a-acidentes-do-trabalho-registrados/tabelas-a-2013/>.

MUNIZ, Jorge. *et al.* Fundamentos para construção de modelos conceituais em gestão de produção. ENEGEP, 2008.

OIT – Organização Internacional do Trabalho. Doenças profissionais são principal causa de morte no trabalho. Disponível em: <http://www.oit.org.br/content/doencas-profissionais-sao-principais-causas-de-mortes-no-trabalho>. Acesso em novembro de 2015.

THUN, Jorn-Henrik *et al.* Feel free to feel comfortable - An empirical analysis of ergonomics in the German automotive industry. *International Journal of Production Economics*, 2011.

3 ARTIGOS

3.1 Artigo 1

Artigo submetido, Periódico WORK: A Journal of Prevention, Assessment, and Rehabilitation, ISSN 1051-9815 (impresso), Qualis 2014 - Engenharias III: B2.

Análise crítica de Métodos/Ferramentas de Avaliação Ergonômica: perspectivas para novas abordagens

Dalila G. P. Laperuta, Gilson Adamczuk Oliveira, Sergio L. R. Pessa and Roger P. da Luz. *Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil.*

Resumo

O propósito deste artigo é analisar os métodos/ferramentas de avaliação ergonômica por meio da identificação e definição dos métodos, incidência de publicações e análise de especialistas. As ferramentas abordadas foram selecionadas a partir da literatura, normas e softwares de avaliação, e os dados de citação coletados na base *ScienceDirect*, publicados em periódicos da área de Engenharia, no período 2004-2014. Posteriormente aplicou-se um questionário junto a cinco especialistas a fim de fundamentar a análise crítica dos métodos e identificar relações entre as publicações e as percepções profissionais. Utilizando ajuste das séries históricas por ajuste de séries temporais, obteve-se uma tendência linear ascendente em publicações para 23 dos 24 métodos identificados neste estudo, sendo os mais frequentes: NIOSH, fanger, NASA-TLX, OWAS, REBA e RULA. O método NIOSH, o mais incidente em publicações, foi muito bem avaliado pelo grupo, tendo sido utilizado por todos os especialistas consultados. Os métodos NASA-TLX (3º) e REBA (5º) também foram bem avaliados e utilizados pelos ergonomistas, ficando acima da média de avaliação e uso. Embora a consulta aos especialistas gere resultados semelhantes à investigação quantitativa, sua maior contribuição é de caráter qualitativo, cujas percepções fundamentam a análise crítica dos métodos de avaliação ergonômica sob a luz da literatura. Concluiu-se que, em complemento a essas informações, é preciso considerar a particularidade da tarefa e a experiência do profissional de ergonomia no processo de escolha do método de avaliação ergonômica. Por fim, identificou-se muitos métodos semelhantes, derivados ou associados entre si, sendo necessário estudar o processo de análise e avaliação ergonômica em busca de perspectivas para uma abordagem de avaliação ergonômica unificada (estudos futuros).

Palavras-chave: avaliação ergonômica; métodos e ferramentas ergonômicas; ergonomia

3.1.1 Introdução

A ergonomia é a área da engenharia que se concentra em estudar as relações entre o homem e o trabalho, no intuito de torná-las benéficas: condições de trabalho que garantam a saúde física e mental do trabalhador sem prejuízo da produtividade. Após os avanços ergonômicos em postos de precisão, ação contínua e atenção, motivados pela II Guerra Mundial, surgiu então a ergonomia, uma área interdisciplinar que contribui para melhorar a eficiência, a confiabilidade e a qualidade das operações. A fim de avaliar essa adequação, considera as posturas e os movimentos corporais (bases biomecânicas, fisiológicas e antropométricas), os fatores ambientais (ruído, vibrações, iluminação, clima, substâncias químicas), informação e operação (o usuário, as informações, características, percepções, sentidos, controles, compatibilidade entre informação e operação, expectativa do usuário, usabilidade e diálogos), e as relações entre cargos e tarefas (organização do trabalho). Guérin *et al.* (2006) definem, como categorias observáveis da ergonomia na organização os deslocamentos, a direção do olhar, as comunicações, as posturas, as observações em termo de ações ou tomadas de informação, os observáveis relativos ao sistema técnico e ao contexto e a dimensão coletiva nos registros de observação. Segundo Másculo e Vidal (2011), a Ergonomia na empresa resulta de uma atuação planejada, mesmo que intuitiva, ou seja, é preciso pensar nas ações imediatas e futuras.

Os ergonomistas são profissionais que adquirem conhecimentos na área ao longo dos anos, seja por graduação, treinamentos, especializações ou certificações. Eles atuam no ensino, instituições de pesquisa, órgãos normativos, prestação de serviços e no setor produtivo (DUL, 2004). Podem ser exemplos de ergonomistas: engenheiro de segurança do trabalho, fisioterapeuta, médico do trabalho, pesquisador, fisiologista e técnico em segurança do trabalho. Esses profissionais atuam em domínios especializados, dentro das três áreas da ergonomia. São elas a ergonomia física (anatomia, antropometria, fisiologia e biomecânica), ergonomia cognitiva (processos mentais percepção, memória, raciocínio e resposta motora) e organizacional (otimização de sistemas sociotécnicos, estruturas organizacionais, políticas e processos). Dessas áreas derivam as modalidades de intervenção ergonômica (WISNER, 1987), que atuam na correção (problemas na segurança e conforto dos trabalhadores ou na insuficiência da produção), concepção (especificação de produtos), e mudança (acompanhamento e avaliação do processo por meio de programa permanente. Na prática, de acordo Laville (1977), a aplicação ergonômica acontece em três etapas. Na primeira, é feita a análise do quadro técnico, econômico, social e político, onde o empresário, seja por

cumprimento das normativas de regulação das condições ergonômicas laborativas, por demanda interna (grupos, comitês, comissões, departamentos) ou auditorias, solicita uma análise ergonômica na empresa. Na segunda etapa, ocorre a análise da demanda, momento em que o profissional de ergonomia realiza uma análise ergonômica do trabalho para identificar quais são as demandas ergonômicas que requerem atenção. Por fim, na terceira etapa ocorre a análise ergonômica do problema. Nesta etapa, estabelece-se um diagnóstico especializado para cada demanda por meio de métodos de estudos sistemáticos, medir a necessidade de intervenção ergonômica.

Este artigo tem seu foco na terceira etapa, fase em que o especialista seleciona os métodos/ferramentas e normas que vão instrumentar a avaliação ergonômica. Existe um grande número de métodos, cujas revisões bibliográficas dificilmente os reúnem em quantidade. Também é possível notar um grupo de métodos semelhantes entre si, ou métodos diferentes cujas avaliações parcialmente se sobrepõem. Portanto, não havendo revisões abrangentes desses métodos, não é possível compará-los ou condensá-los. Também há uma indefinição em relação à nomenclatura: são chamados de ferramentas, métodos, instrumentos, técnicas, dificultando sua organização e classificação. Essas foram as motivações para o desenvolvimento desse estudo.

A seção 2.1.2 esclarece a definição de método considerada nesta pesquisa, define os métodos encontrados e os classifica. Na metodologia, todos os critérios e passos realizados na condução desta pesquisa são detalhados, e os dados coletados são tratados a procura de respostas: Quais os métodos mais utilizados? Para que são usados? Qual o comportamento das publicações sobre métodos de avaliação ergonômica ao longo dos anos? Qual a opinião dos especialistas? Acredita-se que essas respostas contribuirão para a análise crítica dos métodos ergonômicos em busca de novas abordagens.

3.1.2 Métodos/Ferramentas de Avaliação Ergonômica

Desde a década de 70 vêm sendo desenvolvidos roteiros para execução de uma análise ergonômica, alguns dos quais se converteram em modelos e serviram de base para outras propostas metodológicas (LIMA, 2004). Wisner (1987) fez referência aos métodos como protocolos de avaliação das condições de trabalho. Para Iida (2005), o método é um procedimento para estabelecer a relação entre causa e efeito, sendo composto pelas etapas que vão da hipótese ao resultado. Na prática, a avaliação ergonômica do trabalho é realizada através de métodos/ferramentas e normas, que consideram um grupo de condições de trabalho e um

foco específico, melhor definida por Másculo e Vidal (2011): “O método ergonômico consiste no uso de recursos dos campos de conhecimento que possibilitem averiguar, levantar, analisar e sistematizar o trabalho e suas condições, através de instrumentos qualitativos e quantitativos”. Essa definição é alinhada com o significado da palavra “método”, definindo-o como o conjunto dos meios dispostos convenientemente para alcançar um fim e chegar a um conhecimento científico (MICHAELIS, 2009). Essa definição embasará a classificação dos métodos para o desenvolvimento deste artigo; entretanto, é válida para este estudo e não representa um novo conceito. No intuito de contribuir para a fluidez, e ainda, respeitar as diferentes nomenclaturas, o termo ferramenta será utilizado como sinônimo de método de avaliação ergonômica.

A seguir, são definidos os 24 métodos/ferramentas presentes na literatura.

3.1.2.1 Métodos/Ferramentas investigadas

Nesta seção, organizados no quadro 2, são apresentados os 24 métodos ergonômicos revisados neste artigo, e suas características fundamentais, classificados como métodos com base nas definições adotadas.

(Continua)

Quadro 2: Os 24 métodos/ferramentas ergonômicas classificados neste estudo, suas definições e procedimentos para aplicação. Elaborado pelo autor a partir de múltiplas fontes.

Método	Definições	Procedimentos
AET -Análise Ergonômica do Trabalho	IIDA (2005)	<p><u>Análise da Demanda:</u> descrição de problemas que demandam uma ação ergonômica;</p> <p><u>Análise da Tarefa:</u> busca as discrepâncias entre o que é prescrito e o que é executado;</p> <p><u>Análise da Atividade:</u> comportamento do trabalhador na realização de uma tarefa;</p> <p><u>Diagnóstico:</u> descobrir as causas que provocam o problema;</p> <p><u>Recomendações:</u> o que deve ser feito para resolver o problema.</p>
	CARVALHO (2014)	<p>Considera o posto de trabalho, as pressões, a carga cognitiva, a densidade e a organização do trabalho, o modo operatório, os ritmos e as posturas.</p> <p>Utiliza técnicas objetivas (diretas): registro de atividades ao longo de um período, observadas ou gravadas; ou subjetivas (indiretas): questionários, <i>checklists</i> e entrevistas. (IIDA, 2005).</p>

(Continua)

Método	Definições	Procedimentos
Checklist de Couto	Em observação ao <i>checklist</i> pelo autor	<u>Avaliação simplificada do fator biomecânico no risco para distúrbios musculoesqueléticos de membros superiores relacionados ao trabalho.</u> Neste <i>checklist</i> , as perguntas avaliam seis aspectos: sobrecarga física, força com as mãos, postura no trabalho, posto de trabalho e esforço estático, repetitividade e organização do trabalho e ferramenta de trabalho.
	SOARESE SILVA (2012)	<u>Avaliação das condições ergonômicas em postos de trabalho e ambientes informatizados – Versão 2013.</u> Este <i>checklist</i> avalia os aspectos relacionados à estação de trabalho, sistema de trabalho e ambiente.
ERGO / IBV	COSTA (2011)	Classifica os riscos laborais associados à carga física em quatro níveis, de ergonomicamente aceitável (nível 1) à prioridade de investigação (nível 4) (COSTA 2011).
	INSHT (2009)	
EWA, também chamado de FIOH	PACOLLA E SILVA (2009)	<u>Avalia os seguintes aspectos:</u> espaço de trabalho, atividade física geral, levantamento de cargas, posturas de trabalho e movimentos, risco de acidente, satisfação com o trabalho, restrições, comunicação entre trabalhadores, tomada de decisão, repetitividade, atenção, iluminação, temperatura ambiente e ruído.
FANGER	ALAHMER (2012)	É baseado em dois índices: <u>PMV</u> (voto médio estimado, de um grande grupo de pessoas sujeitas a um mesmo ambiente térmico) e <u>PPD</u> (percentagem de pessoas insatisfeitas, calculado sobre o valor de PMV e na escala de ASHRAE) (TALAIA, 2013). É baseado em um contrapeso de energia do corpo humano, considerado como um sistema termodinâmico que troca calor com o ambiente externo.
	OLIVEIRA et al. (2010)	
INSHT (Inst. Nac. Seguridad Higiene em el Trabajo)	CCOO (2015)	Considera severidade do dano (ligeiramente prejudicial, prejudicial, extremamente prejudicial) e a probabilidade de ocorrência do dano (alta, média, baixa). Entretanto, por ser de aplicabilidade individual e subjetiva, recomenda-se combinar os resultados técnicos com as condições de trabalho e a opinião dos trabalhadores.

(Continua)

Método	Definições		Procedimentos
JSI – JOB STRAIN INDEX ou SI ou MOORE AND GARG	CHIASSON (2012)	O método JSI, também conhecido como critério semi-quantitativo, criado em 1995 por Moore & Garg, quantifica a exposição a fatores de risco MSD (desordens musculoesqueléticas) para as mãos e pulsos, fornecendo um índice que leva em conta o nível de percepção de esforço, tempo de esforço como uma porcentagem do tempo de ciclo, número de esforços, mão e postura de pulso, velocidade de trabalho e tempo de deslocamento.	Utiliza como parâmetros a intensidade, duração e frequência do esforço, postura, ritmo e duração do trabalho e avalia o índice de sobrecarga para os membros superiores, sendo baseado no campo da fisiologia, biomecânica e epidemiologia, e vem sendo amplamente aplicado na indústria. Vários estudos validam a ferramenta, em termos de conteúdo relevante e consistente, validade preditiva (identifica corretamente um perigo), e validade externa (eficaz em diferentes cenários) (CABEÇAS, 2007).
	GUIMARÃES (2004)	É um aprimoramento do método de Rodgers, feita com base em vídeos. Se propõe a avaliar mãos e pulso. Sugere a avaliação de 6 fatores, dividindo-a em hemisfério direito e esquerdo.	
KIM – Key Indicator Method	DOUWES E KRAKER (2014)	É utilizado para avaliar tarefas que envolvem operações de movimentação manual	Segundo o ETUI - Instituto Sindical Europeu (2014), duas ferramentas KIM foram desenvolvidas para a avaliação dos riscos no caso de tarefas de: levantar, manter, colocar; e empurrar ou puxar uma carga. Considera o número de levantamentos ou transporte de carga por dia de trabalho, a sua duração total no dia (<5s) e a distância total percorrida no transporte da carga, o que gera uma pontuação de duração de 1 a 10.
	OSHA (2015)	Este método realiza a descrição da tarefa e a avaliação separadamente, quando os itens-chaves da tarefa são pontuados sem necessitar de medições exatas (imprecisão calculada).	
LEST	LIMA (2003) FALCÃO (2007)	É um método biomecânico desenvolvido na França, em 1978, pelo Laboratório de Economia e Sociologia do Trabalho da C.N.R.S (Centre National de la Recherche Scientifique)	Considera dezesseis variáveis agrupadas em cinco aspectos (dimensões): ambiente físico, carga física, carga mental, aspectos psicossociais e tempo de trabalho; sendo de simples aplicação. Considera, num primeiro momento, as variáveis quantitativas (ex: níveis de temperatura, ruído), e posteriormente as variáveis qualitativas e pontos de vista do trabalhador (carga mental e aspectos psicossociais).
	CALLEJÓN-FERRE (2009)	Este método avalia as condições psicossociais ergonômicas dos postos de trabalho.	
	DIEGO-MÁS E CUESTA (2015)	Foi desenvolvido para avaliar os postos de trabalho permanentes no setor industrial, não podendo ser aplicado a qualquer tipo de trabalho (somente em ambientes com características constantes).	

(Continua)

Método	Definições		Procedimentos
LUBA - Loading on the Upper	ROMAN-LIU (2014)	Avalia cargas relacionadas à postura da parte superior do corpo (mão, braço, pescoço e costas), sendo a postura de uma parte do corpo classificada de acordo com os ângulos das articulações	Considera os índices de desconforto, expressos através de pontuação numérica, e o número máximo de movimentos em posturas estáticas, no intuito de avaliar estresse postural e atuar na prevenção de distúrbios osteomusculares (KEE; KARWOWSKI, 2001).
MAPFRE	LIMA (2003)	Foi desenvolvido na Espanha, na década de 80, com base nos métodos LEST e R.N.U.R. É também chamado de método de análise ergonômica de posto de trabalho, e sua proposta é de avaliação ergonômica simplificada, partindo de uma análise geral para então abordar os aspectos considerados como negativos. A aplicação do método divide-se em 3 etapas: descritiva (descrição do posto de trabalho), avaliativa (seleção das variáveis consideradas na avaliação) e corretiva (correções propostas e seus benefícios).	Adota como critérios de avaliação as características de: posto de trabalho (ambiente, mobiliário, movimentos, instrumentos, etc.); a intensidade, forma e instrumentos na atividade física requerida para a tarefa (carga física postural estática e dinâmica); a carga sensorial (atenção, recepção de informação e tomada de decisão); a carga mental quantitativa, qualitativa (muito difícil) e infracarga (fácil demais); a autonomia e decisões (iniciativa); monotonia e repetitividade; a comunicação e as relações; os turnos, horários e pausas; os riscos de acidente; o ruído; o ambiente térmico; a iluminação; e as radiações.
NASA-TLX - Task Load Index - Índice Carga Tarefa	CARDOSO (2012)	Foi desenvolvido no laboratório de pesquisas da NASA, em 1987. Tem como objetivo avaliar a carga mental do trabalhador, observando a duração da jornada, dor, sexo, idade, nível de escolaridade e tempo na função. É um procedimento de taxa multidimensional.	Provê uma pontuação global da Carga de Trabalho baseada em uma média ponderada de avaliações em seis subescalas: exigência (demanda) mental, física, temporal, nível de realização, de esforço e de frustração. Em estudo de Cardoso (2012), este método apresentou-se mais indicado para avaliar as dimensões associadas à carga mental e para comparar os resultados de diferentes sujeitos para uma mesma tarefa (a comparação foi realizada com o método SWAT).
NIOSH - National Institute of Occupational Safety and Health	ERGO (2006)	Método que avalia a carga levantada pelos trabalhadores sem causar lesões, foi concebido em 1981, e revisado ao longo dos anos, tornando-se uma equação que fornece métodos para a avaliação de tarefas de levantamento assimétrico de cargas e levantamento de objetos com pegadas não ideais com ambas as mãos.	O NIOSH considera: LPR: Limite de Peso Recomendado, ou seja, o peso da carga suportada por trabalhadores saudáveis num período de tempo, sob determinadas condições, sem aumentar o risco de lombalgia. Sua fórmula considera a distância horizontal entre o indivíduo e a carga, a distância vertical entre ambos, o deslocamento, o ângulo de assimetria, a frequência média de levantamentos e a qualidade da pega. IL: Índice de Levantamento, fornece uma estimativa do nível de estresse físico em levantamento manual; Terminologia e Definições de Dados: Define os parâmetros do levantamento, peso da carga, distância horizontal, altura vertical, altura vertical percorrida, ângulo de assimetria, posição do corpo, frequência e duração do levantamento, classificação da pega e controle motor significativo.

(Continua)

Método	Definições		Procedimentos
OCRA	COLOMBINI E OCCHIPINTI (2006)	Método desenvolvido pela Dra. Daniela Colombini e Dr. Enrico Occhipinti, na Clínica de Trabalho de Milão em 2000, que por meio de um <i>checklist</i> avalia e recomenda ações para prevenção de riscos decorrentes de esforços repetitivos. Também considera fatores mecânicos, ambientais e organizacionais que forneçam evidências da relação de causalidade com DORT.	Também chamado de índice OCRA, baseia-se na relação entre Ações Reais Técnicas (ATA), obtidos por meio da análise de tarefas e ações de Referência Técnica (RTA). O valor RTA é obtido levando-se em conta a frequência e repetitividade de movimentos dos membros superiores, uso excessivo da força, tipo de postura inadequada ou falta de variação postural, períodos de recuperação insuficientes e fatores adicionais, tais como vibração e compressão do tecido localizado. O método OCRA fornece dois índices separados (ombro e cotovelo / pulso / mão) para cada um dos lados direito e esquerdo do corpo (CHIASSON, 2012).
OREGE	APTEL (2008)	Desenvolvido na França pelo INRS (Instituto Nacional de Pesquisa de Segurança), é um método de identificação e avaliação cujo objetivo é quantificar tensões biomecânicas representadas por forças, posturas constrangedoras e movimento repetitivo, sendo baseado na observação do operador, sua percepção das demandas e indicações. É realizada a partir da avaliação de força, vigor e repetitividade.	Para cada ação considerada, à força atribui-se um valor de 0 a 10 em uma ficha de avaliação, preenchidas uma pelo pesquisador e outra pelo operador, separadamente, sendo a avaliação realizada com base nas duas fichas. Para cada aspecto preocupante, o pesquisador observa os movimentos dos membros superiores do operador (pescoço, ombro, cotovelo e punhos), atribuindo valores de 1 (aceitável), 2 (não recomendado) e 3 (a evitar) para cada articulação, considerando a lateralidade, impressas em figuras que representam as pontuações e os respectivos ângulos. Já os movimentos repetitivos dos membros superiores são avaliados numa escala de 0 a 10, num período de tempo, duplamente e separadamente avaliados em fichas, cuja pontuação também é representada por figuras.
OWAS - Ovako Working Posture Analysing System	MÁSCULO E VIDAL (2011)	Foi desenvolvido na Finlândia entre 1974 e 1978, no intuito de analisar as posturas corporais durante as atividades no trabalho. Os dados para a aplicação desse método podem ser coletados através de observação direta (em campo) ou indireta (por vídeo), e as fases da atividade podem ser categorizadas em um código de seis dígitos. Após a categorização, o método calcula e classifica a carga de trabalho em quatro categorias, determinando ainda as medidas a serem adotadas.	A partir de análises fotográficas, foram colecionadas 72 posturas típicas (dorso, braços e pernas e carga/força) que ocorrem em uma indústria pesada, sendo codificadas de 1 a 4, onde 1 é não patológico e 4 indica que providências imediatas devem ser tomadas. Também se considera a frequência e o tempo despendido em cada postura, a fim de avaliar o efeito resultante sobre o sistema musculoesquelético.
QEC - Quick Exposure Check	CHIASSON (2012)	Baseia-se na postura, onde a combinação da avaliação do observador com respostas do trabalhador para questões fechadas, permite que os fatores de risco MSD para as costas, braços, pescoço e extremidades superiores a uma estação de trabalho sejam avaliados.	Avalia a postura, a força aplicada, a frequência, a duração, os movimentos e os fatores psicológicos relacionados à tarefa. É aplicado em duas etapas: 1) avaliação das posturas por meio de <i>checklist</i> , 2) questionário aplicado ao trabalhador. Os níveis de exposição são obtidos através do cruzamento das etapas.

(Continua)

Método	Definições		Procedimentos
QUESTIONÁRIO BIPOLAR	COSTA E SOUZA (2014)	O questionário bipolar de fadiga foi elaborado pelo médico Hudson Couto em 1995. Ele é composto por 3 questionários/etapas, sendo o primeiro aplicado no início da jornada, o segundo na hora de saída para o almoço e o terceiro no final da jornada.	A pontuação varia de 1 a 7, sendo 1 a esquerda e 7 à direita; quanto mais à direita, maior a fadiga. A análise dos questionários é realizada de forma qualitativa, observando: a fadiga acumulada (4 pontos ou mais em dor nos músculos do pescoço e ombros e dor nos braços, e continuidade das queixas durante a jornada) e o nível de fadiga (intensa quando 6 ou 7 em alguns itens).
R.N.U.R. / Renault Régie Nationale des Usines Renault	CALLEJÓN-FERRE (2009)	O método RNUR, ou job profile method (método de perfil de trabalho) teve sua origem no início dos anos 50, na França, na Renault, onde especialistas procuravam soluções para definir de forma objetiva todas as variáveis que definem as condições de um posto de trabalho.	Analisa oito fatores através de vinte e três critérios, pontuados em cinco níveis de satisfação (onde 1 é muito satisfatório e 5 é muito perigoso).
REBA	CARDOSO JR (2006)	É derivado dos métodos de avaliação postural RULA e OWAS.	Estabelece uma tabela relacionada ao Fator de “Pega”, onde são estabelecidos cinco níveis de ação (ao invés dos quatro propostos no RULA). Avalia o nível do risco, de muito baixo a muito alto e indica a ação da investigação, de não necessária à necessária e urgente.
	GUIMARÃES (2004)	É uma ferramenta de análise de posturas de corpo inteiro desenvolvido para avaliar posturas de trabalho imprevisíveis.	
ROSA – Rapid Office Strains Assessment	SONNE et al. (2012)	Projetado por Michael Sonne e seu professor David Andrews para quantificar rapidamente os riscos associados ao trabalho no computador (riscos posturais), e também para estabelecer um nível de ação para a mudança com base nos relatos de desconforto do trabalhador. Foi criado com base nas posturas descritas nas orientações da CSA (Canadian Standards Association), onde especialistas chegaram a um consenso sobre a configuração da estação de trabalho adequada, e da CCOHS (Centro Canadense de Saúde Ocupacional e Segurança).	Os fatores de risco no uso do computador foram identificados, diagramados e agrupados nas seguintes áreas: cadeira, monitores, telefone, teclado e mouse. Uma pontuação foi atribuída, variando de 1 a 10 (quanto maior a pontuação, maior o desconforto). Em testes realizados por Sonne et al. (2012), este método provou ser eficaz e confiável para a identificação de fatores de desconforto no uso do computador.
RULA - Rapid Upper Limb Assessment	DOCKRELL (2012)	Método de observação rápida para análise postural, desenvolvido pelos Prof. McAtamney e Corlett, da Universidade de Ohio, para investigações ergonômicas de postos de trabalho onde existe a possibilidade de desenvolvimento de lesões por esforços repetitivos em membros superiores.	Na prática, utiliza-se de figuras de diferentes posturas corporais, que recebem um valor numérico que indicam o grau de intervenção necessário. Essa pontuação vai de 1 a 7, com níveis de ação de 1 a 4, onde o nível 1 é postura aceitável, e 4 sugere mudanças imediatas.
	BARROS et al. (2014)	O RULA baseia-se na metodologia OWAS, onde as posturas adotadas são representadas através de scores, que associados a critérios biomecânicos e de função muscular classificam a postura de acordo com a carga.	

(Conclusão)

Método	Definições	Procedimentos
SUZZANE RODGERS	GUIMARÃES (2004)	Quantificação numérica, com pontuação indicativa de risco da ocorrência de LER/DORT, para os diversos seguimentos corpóreos, como os punhos, pescoço, ombros, cotovelos, tronco, mãos e membros inferiores.
SWAT	CARDOSO (2012)	Avalia o nível de esforço em baixo (1), moderado (2) e pesado (3); o tempo de esforço de 0 a 6 segundo (1), 6 a 20 (2), 20 a 30 (3) e maior que 30 (4); e o número de esforços por minuto de 0 a 1 minuto (1), 1 a 5 minutos (2), 5 a 15 minutos (3) e maior que 15 minutos (4). Essa avaliação contempla os segmentos do pescoço, ombros, tronco, braços, punho, mão e dedos, pernas, joelhos, tornozelos, pés e dedos.
		Utiliza técnica de medida conjunta que considera que a carga mental de uma tarefa é medida em três dimensões: tempo, esforço mental e estresse. Essas dimensões são avaliadas por uma escala de 3 pontos para: normalmente, às vezes ou raramente sobra tempo; pouca, moderada e elevada exigência mental; e baixo, moderado e elevado nível de estresse. Este método é aplicado em duas fases: obtenção da escala de carga mental de trabalho e avaliação dos níveis de carga mental.

3.1.3 Materiais e métodos

Esta pesquisa é de caráter qualitativo, envolvendo dados quantitativos secundários que corroboram para a sua construção, realizada sob os preceitos do método de Estudo de Campo ou pesquisa de campo (NAKANO, 2012), onde um estudo teórico é conduzido através de discussões conceituais a partir da literatura. A Figura 1 descreve os passos metodológicos.

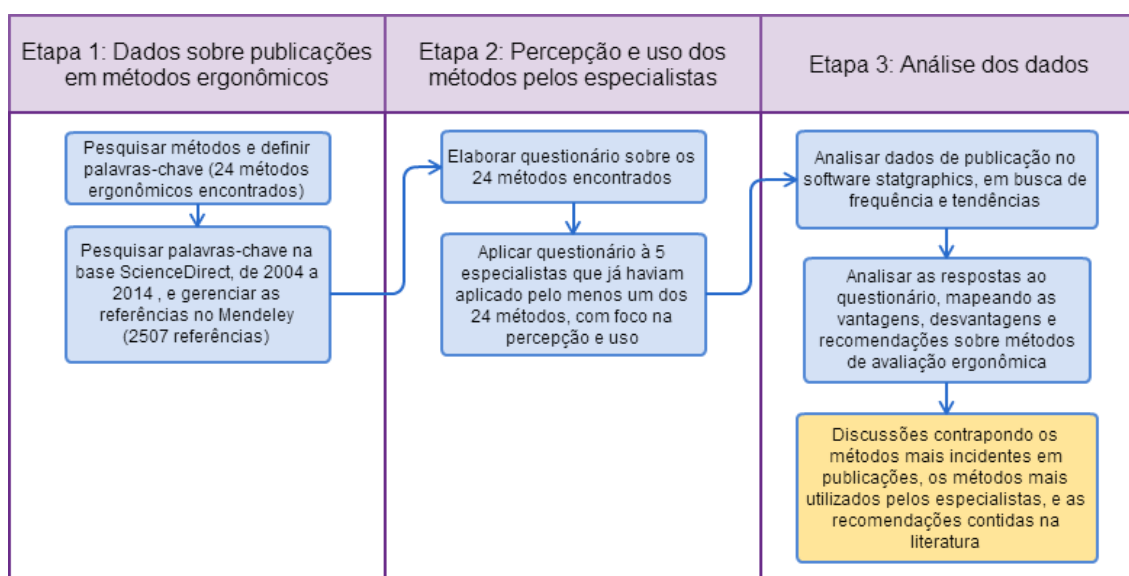


Figura 1: Delineamento da pesquisa. Elaborado pelo autor.

Para definir os parâmetros de consulta à base de dados científicos, os métodos foram selecionados a partir de revisão da literatura em livros, artigos, monografias, *websites* de ergonomia, normas, softwares de avaliação ergonômica, e encontrados ou sugeridos ao acaso. Para definição dos métodos, buscaram-se conceitos e definições da área, quando possível, em artigos científicos, e em manuais técnicos, quando de um método pouco difundido, e também o conceito gramatical.

É importante ressaltar que o assunto não foi esgotado; como os compêndios sobre métodos e ferramentas de avaliação ergonômica são parciais ou descontinuados, e no intuito de viabilizar este estudo, definiram-se os seguintes critérios de parada: a convergência da pesquisa (após os 20 primeiros métodos encontrados, os resultados tornaram-se semelhantes, apresentando uma tendência de convergir naquele grupo de métodos); a incidência de repetição (os métodos mais “populares” tornaram-se frequentes); os “não métodos” (o número de normas, técnicas ou índices tornou-se mais frequente); e o baixo índice de métodos diferentes (o surgimento de métodos diferentes aos selecionados tornou-se pouco frequente ao longo do período estudado). Ou seja, ao perceber que alguns métodos ergonômicos, tais como NASA-TLX, NIOSH, fanger, OWAS, RULA, entre outros, se repetiam a cada resultado, e métodos diferentes dos já encontrados (MAPFRE, LEST, KIM, etc.) demoravam cada vez mais a aparecer, até que, após a análise de diversos documentos e pesquisas em buscador da internet, nenhum método diferente do já encontrado ocorreu, optou-se por encerrar as buscas e iniciar a revisão de literatura.

Após a revisão de literatura, e a definição de método ergonômico, realizou-se uma categorização, chegando a vinte e quatro métodos ergonômicos, os quais foram utilizados na pesquisa de publicações. Para a pesquisa na base de dados *ScienceDirect*, utilizou-se o sistema de buscas dessa base, aplicando os seguintes filtros de pesquisa avançada: aba *Journals*, palavra-chave em todos os campos, na área de *Engineering*, documentos do tipo *article and review article*, de 2004 até o presente, totalizando 2.507 referências. Quando o resultado da busca por palavra simples não representava o assunto pesquisado, utilizou-se o operador lógico AND, associando uma palavra-chave secundária que descrevia o método. Ex: “rula” AND “*rapid upper limb assessment*”. Após a pesquisa no *ScienceDirect*, os dados foram exportados em formato .RIS, e então importados no software Mendeley Desktop, um software gratuito para gerenciamento de Referências Bibliográficas. Esses dados foram organizados por métodos, e precisavam ser exportados para o Excel para tratamento estatístico. Os dados foram então

exportados para o software JabRef 2.0 no formato .RIS, exportados novamente em formato .csv e finalmente importados no Excel, cuja configuração dos parâmetros foi: tipo de campo delimitado, origem do arquivo UNICODE UTF-8 e delimitadores tabulação e vírgula. Esse procedimento foi necessário pois não foi possível importar os dados de forma direta do Mendeley para o Excel, sendo que muitos pesquisadores ainda realizam esse procedimento manualmente.

A primeira análise dos dados utilizou estatística descritiva, após executadas as etapas de seleção e filtro das publicações. Os resultados foram apresentados em busca da tendência ao longo dos anos, de especial interesse nesse trabalho. Para tal foi feito ajuste de séries temporais, através de modelos de ajuste exponencial, incluindo-se o modelo linear pela análise gráfica prévia dos dados. Após isso o melhor modelo foi escolhido pelo critério de informação de Akaike (AIC) (AKAIKE, 1974). Recentemente Snyder e Ord (2009) mostraram que esse critério é adequado para quaisquer modelos de séries temporais. Então uma previsão para 2015 e 2016 apresenta as tendências nos próximos 02 anos. O próximo passo consistiu na elaboração de questionário sobre uso dos métodos e aplicação a cinco especialistas (ergonomista, pesquisador, médico do trabalho, engenheiro do trabalho, engenheiro de segurança e fisioterapeuta), e análise das respostas. Por fim, realizou-se uma análise crítica sobre os métodos mais incidentes, confrontando as recomendações contidas na literatura com as percepções dos especialistas, em busca de perspectivas para novas abordagens.

Na etapa de consulta aos especialistas, visando atingir profissionais de diferentes cidades, a entrevista foi aplicada em forma de questionário online composto por 15 questões. Elaborou-se um roteiro para entrevista estruturada, utilizando a ferramenta *Google Docs*, com o objetivo de perceber a opinião dos especialistas em relação aos métodos: quais já utilizaram, as experiências com o método, aplicações, e que outros métodos, diferentes dos listados na pesquisa, são utilizados. As questões foram construídas de modo que: de 1 a 3 fornecesse o perfil do profissional; a questão 4 listou os métodos e mediu o nível de satisfação no uso (escala), vantagens e desvantagens (questão aberta); de 5 a 13, as questões pediam recomendações de métodos para cada tipo de aplicação; a questão 14 argumentava sobre o uso de softwares, e a última questão era de conteúdo livre. Para medir a satisfação no uso dos métodos (questão 4), aplicou-se escala *likert* adaptada, de 1 a 5, de insatisfeito a muito satisfeito, onde os pontos 2, 3 e 4 indicam uma intensidade entre os extremos, sem nomenclatura, uma vez que o critério neutro ou intermediário comumente utilizado como “indiferente” pode gerar

dúvidas quanto ao seu significado por parte dos respondentes e pode prejudicar a interpretação dos resultados. Num pré-teste, a primeira versão do questionário foi respondida por um pesquisador ergonômista (20 anos de experiência em Segurança do Trabalho, há 15 em Ergonomia), o qual identificou alguns problemas na estrutura do questionário, e também sugeriu algumas melhorias. O questionário foi adaptado, e também reorganizado, e novamente aplicado ao ergonômista, que respondeu e validou a ferramenta. Após a validação, realizou-se um teste piloto, cuja aplicação foi realizada com orientação de um pesquisador a uma fisioterapeuta, para identificar problemas e esclarecer dúvidas. Após a validação e o teste piloto, as outras aplicações do questionário foram realizadas via e-mail e outras formas virtuais de contato (formulários, currículo lattes, redes sociais). O questionário foi enviado a 10 especialistas; porém, como a taxa de resposta foi de apenas 20%, o questionário foi enviado a outros 15 especialistas. Ao final, foram obtidas 5 respostas de especialistas, as quais fundamentaram a revisão crítica dos métodos (seção 2.1.4.2). Os respondentes, distribuídos em diferentes estados, possuem formação e afiliação em diferentes escolas do pensamento.

3.1.4 Resultados

3.1.4.1 Pesquisa dos métodos na base ScienceDirect e análise dos dados

A pesquisa nas bases retornou 2.507 registros, os quais foram organizados por título, periódico, método relacionado, ano, mês e país de publicação.

Tabela 1: Tabela de frequência para os métodos ergonômicos.

<i>Class</i>	<i>Método</i>	<i>Frequência</i>	<i>Frequência relativa</i>
1	NIOSH	997	39,77%
2	Fanger	824	32,87%
3	NASA-TLX	194	7,74%
4	OWAS	89	3,55%
5	REBA	69	2,75%
6	RULA	52	2,07%
7	OCRA	46	1,83%
8	JSI	45	1,79%
9	QEC	40	1,60%
10	LUBA	32	1,28%
11	MAPFRE	32	1,28%
12	INSHT	29	1,16%
13	AET	16	0,64%
14	Ergo/IBV	12	0,48%
15	EWA	5	0,20%
16	KIM	5	0,20%
17	Questionário Bipolar	5	0,20%
18	Suzanne Rodgers	5	0,20%
19	SWAT	5	0,20%
20	ROSA	2	0,08%
21	R.N.U.R / Renault	1	0,04%
22	LEST	1	0,04%
23	OREGE	1	0,04%

FONTE: Elaborado pelo autor.

A Tabela 1 lista 23 dos 24 métodos ergonômicos (o método *Checklist* de Couto obteve frequência igual a 0) para os parâmetros de entrada, a fim de identificar quais os mais publicados nos últimos dez anos dentro da amostra.

Na seção Resultados, os métodos mais comuns (frequência superior a 2%) serão analisados em contraponto com a opinião de especialistas.

Após a identificação dos métodos mais frequentes nas referências coletadas, realizou-se uma análise de tendência do período 2004-2014 em publicações envolvendo métodos ergonômicos, assim como para os três métodos mais utilizados (NIOSH, fanger e NASA-TLX) (Figuras 2, 3, 4 e 5);

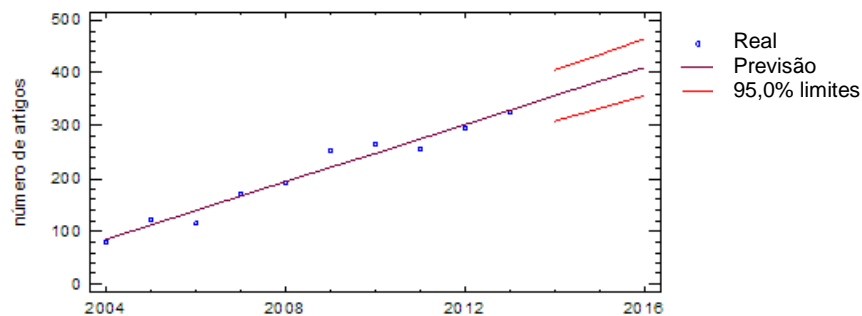


Figura 2: Análise das publicações relacionadas aos métodos ergonômicos nos últimos dez anos e tendências. Comportamento linear, crescimento se mantém nos próximos dois anos.

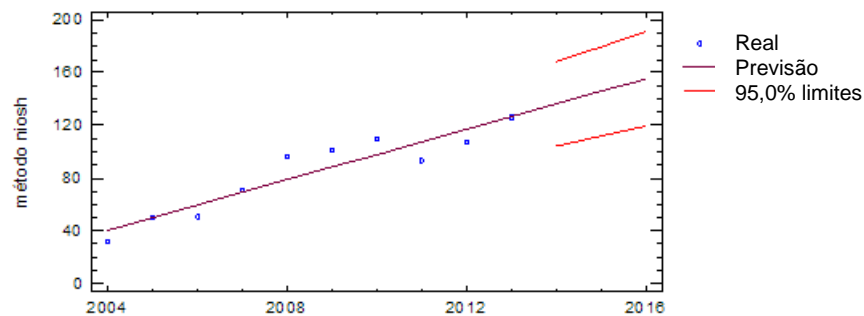


Figura 3: Frequência de publicações associadas ao método de maior frequência: NIOSH. Comportamento linear, crescimento se mantém nos próximos dois anos.

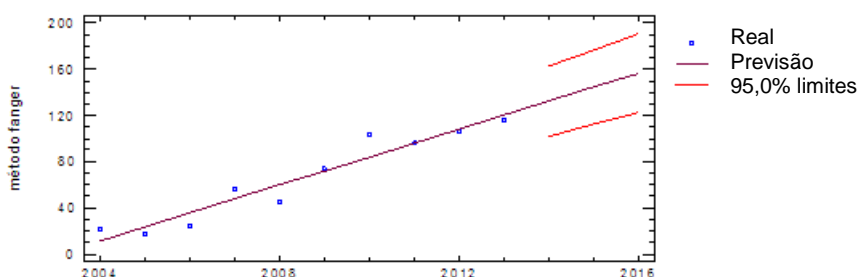


Figura 4: Frequência de publicações associadas ao método de Fanger. Comportamento linear, crescimento se mantém nos próximos dois anos.

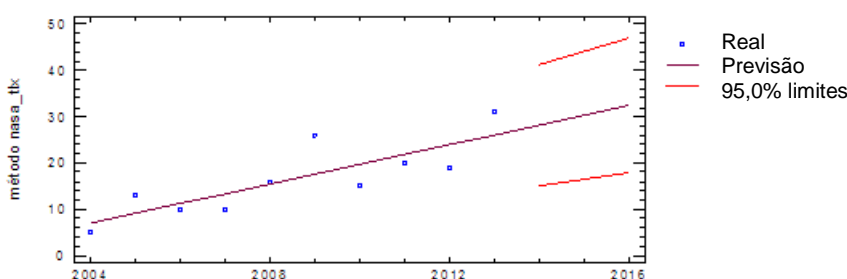


Figura 5: Frequência de publicações associadas ao método de NASA-TLX. Comportamento linear, crescimento se mantém nos próximos dois anos.

Após identificar os mais incidentes nas publicações, investigou-se o uso dos métodos junto aos especialistas no intuito de verificar os mais utilizados e as percepções de uso, e confrontar os resultados.

3.1.4.2 *Elaboração e aplicação de questionário aos especialistas e análise das respostas*

A partir dos dados coletados por meio do questionário, foi possível identificar os métodos mais utilizados pelos especialistas e suas percepções em relação a eles, as vantagens e desvantagens dos métodos indicados, a fim de confrontar os apontamentos da literatura com a percepção dos profissionais, e então fundamentar a análise crítica desses métodos. O questionário foi respondido por cinco profissionais, os quais utilizam a ergonomia para diagnóstico, laudo, projetos e avaliação da atividade, e atuam como ergonomistas, engenheiros de segurança do trabalho, fisioterapeutas, pesquisador, professor e/ou designer de produtos.

Nenhum dos cinco profissionais investigados avaliou ou utilizou os seguintes métodos: Ergo/IBV, Fanger, INSHT, KIM, LEST, LUBA, MAPFRE, OREGÉ, QEC, RNUR/Renault, ROSA. Os fatores que podem ter colaborado para a não incidência desses métodos são: a localização geográfica (os métodos ergo/IBV e MAPFRE, por exemplo, são mais populares na Espanha), e a data de criação (o método LEST foi criado em 1978 e deu origem a outros métodos, portanto é utilizado de forma indireta). O método fanger, o segundo mais incidente na pesquisa às publicações, é muito frequente nas engenharias; entretanto, os

profissionais de ergonomia entrevistados atuam principalmente na ergonomia de correção, justificando a falta de informações quanto ao método em especial. No Quadro 3 serão descritas as percepções dos profissionais em relação aos demais métodos ergonômicos contemplados neste artigo, onde “média” refere-se à média das notas atribuídas pelos especialistas ao método numa escala de 1-5, e “uso” refere-se à quantidade de profissionais, dentre os 5 entrevistados, que haviam usado o método.

Quadro 3: Análise crítica dos métodos de avaliação ergonômica: vantagens e desvantagens práticas. Elaborado pelo autor.

(Continua)

Método	Análise crítica, vantagens e desvantagens	1 - Insatisfeito a 5 - Muito Satisfeito
AET	Considerou-se como vantagens do método a análise da demanda, atividade, condições ambientais, diagnóstico e caderno de encargos e sugestões. Já as desvantagens citadas ressaltam ser um método não específico, que precisa ser associado a outros métodos para realizar a avaliação. Um dos profissionais informou utilizar a Intervenção Ergonomizadora e a Análise Macroergonômica do Trabalho, em substituição ao AET, devido à maior afinidade com os métodos e o trabalho de pesquisa junto aos autores. Entende-se então, que a Análise Ergonômica do Trabalho é um método de diagnóstico, que poderia preceder a aplicação dos métodos específicos.	Média: 4 Uso: 3 de 5
Checklist de Couto	Dois profissionais questionaram a validade científico deste método. Entretanto, citou-se como vantagem ser fácil e de rápida aplicação, podendo ser utilizado como método descritivo dentro da análise. Como desvantagens, apontou-se que o <i>checklist</i> não considera alguns aspectos, o que o torna impreciso, produzindo resultados que não representam a situação real.	Média: 2,7 de 5 Uso: 3 de 5
EWA	A vantagem deste método está em sua fácil utilização, e sua desvantagem em ser restrito a algumas regiões do corpo.	Média: 4 de 5 Uso: 1 de 5
JSI	Este método foi elogiado por ser simples e operacional.	Média: 5 de 5 Uso: 1 de 5
NASA-TLX	As vantagens apontadas foram a capacidade em realizar coleta de dados gerais relativas à carga de trabalho mental sob a percepção dos pesquisadores, e os resultados bem aprofundados. A desvantagem está no difícil entendimento e interpretação por parte dos respondentes. Já no quesito facilidade de aplicação, houve contradições: enquanto um profissional achou o método difícil de entender como aplicar e obter o diagnóstico, outro especialista diz achar a ferramenta relativamente simples de aplicar. Dos profissionais com opiniões divergentes, um é fisioterapeuta/ergonomista e outro é engenheiro de segurança do trabalho, levando a supor que perfis diferentes gerem percepções diferentes.	Média: 4,3 de 5 Uso: 3 de 5
NIOSH	Este método foi descrito com as seguintes vantagens: fácil de usar (opinião de 3/5), permite uma visão geral a respeito do índice de levantamento de carga, ferramenta muito útil para avaliação da carga (peso) a que um trabalhador está sujeito durante suas atividades laborais (considerando o tipo de pega, distâncias horizontais, verticais, etc), e tem comprovação científica. As desvantagens estão em não poder utilizar o método se houver variação de altura, ou distância percorrida com a carga superior a dois passos; também é considerado muito simples por atender apenas a situação imediata do posto, sendo superada pela ferramenta NIOSH by OCRA.	Média: 4,2 de 5 Uso 5 de 5
OCRA	O método OCRA foi bem avaliado por ser um método completo, indicado como uma das melhores ferramentas para indicar a quantidade de pausas para a atividade. Porém, foi considerado muito trabalhoso.	Média: 5 de 5 Uso: 2 de 5

(Conclusão)

Método	Análise crítica, vantagens e desvantagens	1 - Insatisfeito a 5 - Muito Satisfeito
OWAS	Considerado de fácil utilização (3/5) e interpretação, recebeu as seguintes vantagens: possibilita visão geral do quadro postural, considerando a carga, a posição dos membros superiores e inferiores, costas, região cervical, punhos, quadril, etc. São desvantagens: dificuldade de aplicação em diversos casos, nível de detalhamento reduzido em posturas específicas (determinados segmentos corporais), demanda bastante tempo na análise, muito simples e com déficit de informações, e dependendo do foco, precisa ser utilizado em associação a outro método (ex. REBA, RULA).	Média: 4 de 5 Uso: 5 de 5
Questionário Bipolar	Ferramenta de fácil aplicação para avaliar a fadiga. Porém, por ser muito subjetivo, dependendo da resposta do colaborador, pode não ser totalmente fidedigno (como muitos outros questionários).	Média: 3 de 5 Uso: 2 de 5
REBA	Ganhou pontos por oferecer uma visão detalhada, a nível de diagnose, do quadro postural, com análise detalhada dos membros inferiores. Segundo observações, é feito para uso em serviços médicos, o que seria uma restrição. A única desvantagem relatada é não ser adequado a todos os casos.	Média: 3,75 de 5 Uso: 4 de 5
RULA	É fácil de usar, avalia vários segmentos e tem um resultado bem preciso, fazendo uma análise detalhada dos membros superiores (a nível de diagnose). Entretanto, não é validado e, segundo a opinião dos especialistas, apresenta erros, como por exemplo a rotação de punho, que na verdade é rotação de cotovelo (pronação e supinação). Também não se aplica a todos os casos.	Média: 3,8 de 5 Uso: 5 de 5
SUZANE RODGERS	Segundo opiniões dos especialistas consultados, este método avalia todos os segmentos do corpo em módulos separados, e também oferece uma visão geral a respeito do quadro postural, sendo de fácil aplicação. Citou-se a dificuldade de aplicação em uma variedade de casos, o nível de detalhamento reduzido de posturas específicas (determinados segmentos corporais), além de ser subjetivo, podendo não ser totalmente fidedigno.	Média: 4,25 de 5 Uso: 4 de 5

Durante a pesquisa, questionou-se aos especialistas a indicação de outros métodos ergonômicos por eles utilizados que não constam no questionário. São eles: Diagrama de Corlett, Manenica, Plibel (*checklist*), TLV-NIOSH, Liberty Mutual, NIOSH by OCRA e SWAT. O método SWAT não foi incluído no questionário, e, portanto, não há revisão crítica por parte dos especialistas. Quando perguntados sobre qual método considerou-se mais adequado para determinada avaliação, obteve-se as indicações dos especialistas contidas no quadro 4.

Quadro 4: Métodos recomendados pelos especialistas de acordo com o objetivo de avaliação. Elaborado pelo autor.

Objetivo da avaliação	Método recomendado pelos especialistas
Avaliação de risco	OCRA, <i>Checklist</i> de Couto, RULA, NIOSH by OCRA, AET e OWAS
Carga física	NIOSH, Liberty Mutual e Suzane Rodgers
Carga mental	NASA-TLX, Questionário Bipolar e SWAT
Carga temporal	NASA-TLX e Suzane Rodgers
Avaliação da dor	Diagrama de Corlett, manenica, e métodos combinados
Condições ambientais	AET e OWAS
Postos de trabalho	<i>Checklist</i> de Couto combinado a outros métodos, AET, OWAS, NIOSH, RULA, REBA, Diagrama de Corlett, manenica e JSI (Moore and Garg)
Avaliação postural	RULA, REBA, OWAS, Suzanne Rodgers e <i>Checklist</i> de Couto
Repetitividade	OCRA, REBA e RULA

É relevante citar que um dos especialistas, ao ser questionado sobre a adequação dos métodos, repetiu a mesma resposta para quase todas as questões (exceto para risco): “O adequado é a integração de abordagens de técnicas (qualitativas, a nível subjetivo, de percepção dos pesquisados; semi-quantitativa, pela visão do pesquisador, ainda que subjetivo, há referência para a análise, como uma fórmula ou parâmetros biomecânicos e; quantitativos, com abordagem quantitativa, objetiva, sem a interferência de subjetividade) ”.

3.1.4.3 *Análise crítica dos métodos e perspectivas para novas abordagens*

A consulta à base de dados permitiu ranquear os métodos com maior número de publicações associadas, em busca de identificar os métodos mais comumente usados na pesquisa científica. Já a etapa de consulta a especialistas trouxe os métodos mais usados e aceitos pelos profissionais respondentes. Ao comparar ambas as etapas, constatou-se que os métodos mais incidentes em publicação também são os mais utilizados e bem aceitos pelos ergonomistas. Embora a consulta aos especialistas gere resultados semelhantes à pesquisa quantitativa, sua maior contribuição é de caráter qualitativo, cujas percepções fundamentam a análise crítica dos métodos de avaliação ergonômica sob a luz da literatura.

Os métodos que apresentaram frequência relativa (maior número de publicações associadas) superior a 2% foram seis: NIOSH, fanger, NASA-TLX, OWAS, REBA e RULA. O método NIOSH foi utilizado por todos os profissionais pesquisados, recebendo uma nota média de 4,2 pontos, o que indica ser um método amplamente utilizado, validado cientificamente e consagrado pelos profissionais diversos da ergonomia.

O método Fanger, que obteve o segundo maior número de publicações relacionado, é utilizado para avaliar o conforto térmico. Entretanto, na pesquisa com os especialistas, nenhum dos profissionais de ergonomia o havia utilizado. A publicação de legislação e normas relacionadas ao ambiente térmico, pela ISO (*International Organization for Standardization*) e pela ASHRAE (*American Society for Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers*), através, por exemplo, da ISO 7730, NBR 16401 e NR17, consolida a importância do conforto térmico em ambientes de trabalho para garantir a saúde do trabalhador (TALAIA, 2013). Porém, a não aplicação deste método dentre os profissionais pesquisados ocorre devido à sua utilização comum na concepção dos produtos e processos. Ou seja, ele está presente na construção civil, na fabricação de aparelhos de climatização, roupas, automóveis, aviões, entre outros, atuando de forma a construir ambientes adequados ao homem antes mesmo do trabalho, ou seja, adequando os ambientes/produto ao homem. Todavia, também pode ser utilizado para

avaliar a sensação de conforto térmico em ambientes já construídos, a fim de proporcionar um posto de trabalho termicamente adequado ao trabalhador.

O método NASA-TLX ficou em terceiro na tabela de frequências, e obteve nota média de 4,3 pontos, tendo sido utilizado por 3 dos cinco profissionais pesquisados. É um método utilizado para avaliação de carga mental, e conforme apontamentos da revisão bibliográfica e opinião dos especialistas, é eficiente e traz resultados bem aprofundados. Apesar de ter sido considerado como de difícil interpretação pelos profissionais, em estudo comparativo entre os métodos NASA-TLX e SWAT, Cardoso (2012) relatou ser o NASA-TLX mais simples que seu semelhante (ambos avaliam carga mental).

O quarto método mais frequente na literatura (nesta amostra) foi o OWAS, que realiza avaliação postural do trabalhador. Este método foi utilizado por todos os profissionais, e recebeu nota média de 4 pontos. Segundo os especialistas, possui diversas vantagens, entretanto não cobre todas as situações posturais e às vezes requer ser utilizado em associação a outro método de avaliação postural. De acordo com a revisão de literatura, é validado cientificamente, é fácil de usar pois realiza uma análise de imagem em campo ou por vídeo e está presente em diversos softwares de avaliação ergonômica.

O método REBA ficou em quinto lugar nas publicações, tendo recebido nota média de 3,75 pontos, sendo utilizado por 4 dos 5 profissionais. Oferece uma avaliação detalhada do quadro postural do trabalhador, entretanto, não se aplica a todos os casos. Foi desenvolvido a partir dos métodos RULA e OWAS, e oferece 5 níveis de ação (1 a mais que o método RULA).

Por fim, em sexto lugar, o último método com frequência relativa superior a 2%, está o método RULA. Pertencente ao grupo dos métodos de avaliação postural, obteve nota média de 3,8 pontos, e foi utilizado por todos os especialistas consultados. Enquanto oferece precisão e detalhamento, não é validado e possui alguns erros de especificação. Na revisão de literatura, recomenda-se o seu uso para avaliar repetitividade. Foi projetado a partir do método OWAS (4º em frequência), e tem por base a análise de imagens.

3.1.5 Conclusões

São muitas as ferramentas, métodos e normas de ergonomia disponíveis a fim de auxiliar no processo de avaliação ergonômica do trabalho, sendo complexo definir as mais adequadas, afirmação esta reforçada por Lida (2005). Atributos tais como validade científica, facilidade de aplicação, recomendação profissional e popularidade, combinadas às

experiências, perfil (habilidades) e expectativas do ergonômista, interferem na escolha do método a ser aplicado. Ainda, essa diversidade de métodos, de múltiplas finalidades, dificulta o processo de escolha da ferramenta pelo profissional a fim de definir as que melhor se aplicam. Portanto, entende-se que o levantamento e a classificação das ferramentas fornecem opções ou reforçam os atuais critérios de escolha dos métodos pelos especialistas.

Este estudo indica uma necessária reorganização dos métodos existentes, buscando concentrar, de forma clara e acessível, as ferramentas semelhantes, de modo a dar suporte ao profissional, na escolha dos métodos. Ao organizar esses instrumentos, é possível potencializar as escolhas do especialista, gerando avaliações mais completas (combinação de métodos), podendo aumentar a fidelidade dos resultados e, conseqüentemente, gerar adequações mais eficientes, resultando em saúde e produtividade.

Sugere-se, em estudos futuros, realizar investigação mais profunda dos métodos, realizando-a em etapas que representem grupos de atuação, como por exemplo, os métodos de avaliação postural, de carga mental, de posto de trabalho, entre outros, observando e mapeando suas semelhanças e diferenças. Por fim, foram identificados muitos métodos semelhantes, derivados ou associados entre si para a realização de um diagnóstico específico, sendo necessário compreender como o processo de avaliação ergonômica acontece, a fim de propor melhorias ao processo, buscando compreender as possibilidades de um novo método ergonômico unificado (estudos futuros).

Destaca-se ainda, nesta última seção, que durante a etapa de resultados, houve uma consulta intermitente à literatura, onde outros métodos de avaliação ergonômica foram identificados, sendo aqui listados e sugerida a sua investigação futura, junto àqueles apontados pelos especialistas na seção 2.1.4.2. São eles: diagrama de ARMSTRONG (1982, análise de tarefas com membros superiores), *checklist* de Michigan (1986, fatores de risco), *checklist* de Keyserling (1993, riscos associados aos membros superiores), HAMA (1994, custo postural das mãos e braços), ARBAN (1982, análise ergonômica do trabalho), Malchaire (1998, riscos musculoesqueléticos) e IEA (1999, movimentos permitidos por minuto).

3.1.6 Referências

AKAIKE, H. (1974), 'A new look at the statistical model identification', IEEE Transactions on Automatic Control v. 19, p. 716–723.

ALAHMAER, Ali. *et al.* Analysis of vehicular cabins' thermal sensation and comfort state, under relative humidity and temperature control, using Berkeley and Fanger models. Building and Environment. United States, 2012.

APTEL, Michel *et al.* Proposal of parameters to implement a workstation rotation system to protect against MSDs. International Journal of Industrial Ergonomics, v.38, p.900-909. Dezembro de 2008.

BARROS, Ruberth A. A., Sistema para análise ergonômica do trabalho com uso de câmeras de profundidade. JIM 2014 – Jornada de Informática do Maranhão, 2014.

CABEÇAS, José Miquel. The risk of distal upper limb disorder in cleaners: A modified application of the Strain Index Method. International Journal of Industrial Ergonomics, v.37, p. 563-571. Junho de 2007.

CALLEJÓN-FERRE, A. J. *et al.* Ergonomics and psycho-sociological quality indeces in greenhouses. Spanish Journal of Agricultural Research. Almería, Espanha 2009.

CARDOSO, Mariane de Souza. GONTIJO, Leila Amaral. Avaliação da carga mental de trabalho e do desempenho de medidas de mensuração: NASA TLX e SWAT. Revista Gestão & Produção, v.19, n.4, p. 873-884. São Carlos, 2012.

CARDOSO JR, Moacyr Machado. Avaliação Ergonômica: Revisão dos métodos para avaliação postural. Revista Produção online v. 6, n. 3. Dezembro de 2006.

CARVALHO, Alex Luis. MENEGON, Nilton Luiz. A pertinência dos documentos prescritos nas atividades dos profissionais de manutenção industrial: o caso de uma indústria automobilística. Revista Gestão & Produção, v. 21, n. 1, p. 143-155. São Carlos, 2014.

CCOO – Comissió Obrera Nacional de Catalunya. Curso Básico de Salud Laboral. Disponível em: www.ccoo.cat/pdf_documents/SL%2022%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20Riesgos.pdf. Acesso em: 08 de janeiro de 2015.

CHIASSON, Marie-Ève *et al.* Comparing the results of eight methods used to evaluate risk factors associated with musculoskeletal disorders. International Journal of Industrial Ergonomics, v.42, p. 478-488, Setembro de 2012.

COLOMBINI, Daniela. OCCHIPINTI, Enrico. Preventing upper limb work-related musculoskeletal disorders (UL-WMSDs): New approaches in job (re)design and current trends in standardization. Applied Ergonomics, v.37, Julho de 2006.

COSTA, Christiane Kelen Lucena da. *et al.* Avaliação Ergonômica do trabalhador rural: enfoque nos riscos laborais associados à carga física. Revista GEPROS – Gestão da Produção, Operações e Sistemas – Ano 6, n. 2, 2011.

COSTA, Josiane Ferreira. SOUZA, Sueli Tavares de Melo. Projeto ergonômico das condições de segurança e saúde no trabalho em uma empresa de montagem de chicotes elétricos. Projética, v.5, n.2. Londrina – Paraná, dezembro de 2014.

DEFANI, Junior Clacindo. Avaliação do perfil antropométrico e análise dinamométrica dos trabalhadores da agroindústria do setor de frigoríficos do setor de frigoríficos e abatedouros: o

caso da perdigão – Carambeí. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em engenharia de produção – UTFPR, Ponta Grossa, 2007.

DIEGO-MÁS, José Antonio. CUESTA, Sabina Asensio. LEST (Laboratorio de Economía y Sociología del Trabajo). Universidad Politecnica de Valencia. Disponível em: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/LEST/LEST-ayuda.php> Acessado em janeiro de 2015.

DOCKRELL, Sara *et al.* An investigation of the reliability of Rapid Upper Limb Assessment (RULA) as method of assessment of children's computing posture. *Applied Ergonomics* n. 43, 2012.

DOUWES, M., KRAKER, H. de. Development of a non-expert risk assessment method for hand-arm related tasks (HARM). *International Journal of Industrial Ergonomics*, v.44, p.316-327. Março de 2014.

DUL, Jan. WEERDMEESTER, B. A. *Ergonomia prática*. 2ª edição revisada e ampliada. São Paulo: Editora Blücher, 2004.

ERGO, Cadernos. Gestão da Qualidade no PCMSO. Equação do NIOSH para Levantamento Manual de Cargas. Ergo Editora Ltda. *Ergonomia, Saúde e Segurança* - n.1. Outubro/Novembro e Dezembro de 2006.

ETUI – Instituto Sindical Europeu. Guia – Classificação dos métodos de avaliação e/ou prevenção dos riscos de Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT).

FALCÃO, Franciane da Silva. Métodos de avaliação biomecânica aplicados a postos de trabalho no pólo industrial de Manaus (AM): uma contribuição para o design ergonômico. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Bauru – SP, 2007.

GUÉRIN, F. et. al. Compreender o trabalho para transformá-lo. A prática da ergonomia. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 2006;

GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo, *Ergonomia de Produto: antropometria, fisiologia e biomecânica*. Porto Alegre – RS, 2004.

IIDA, Itiro. *Ergonomia - Projeto e Produção*. 2ª edição, revista e ampliada. Editora Blucher, cap.2.6. São Paulo, 2005.

INSHT, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Tarefas repetitivas: método Ergo/IBV de evaluación de riesgos ergonómicos. *Notas Técnicas de Prevención* nº 844. Ano de publicação: 2009.

KEE, Dohyung. KARWOWSKI, Waldemar. LUBA: an assessment technique for postural loading on the upper body based on joint motion discomfort and maximum holding time. *Applied Ergonomics*, v.32 p. 357-366. Agosto de 2001.

LAVILLE, Antoine. *Ergonomia*. Editora Pedagógica e Universitária Ltda. Tradução: Márcia Maria Neves Teixeira. São Paulo, 1977.

LIMA, João Ademar de Andrade. *Metodologia de análise ergonômica*. UFPB, Monografia de Especialização. João Pessoa, 2003.

LIMA, João Ademar de Andrade. Bases teóricas para uma metodologia de análise ergonômica. PUC-RJ, 4º Ergodesign - Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia: Produtos, Programas, Informação, Ambiente Construído. Rio de Janeiro – RJ, maio de 2004.

MACÊDO, Cristianne Silva *et al.* Avaliação do índice TOR-TOM no processo de soldagem em indústria automotiva de duas rodas do Pólo Industrial de Manaus. INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção. 2010.

MÁSCULO, Francisco Soares. VIDAL, Mario Cesar, (Orgs). Ergonomia – Trabalho adequado e eficiente. Rio de Janeiro: Elsevier / ABEPRO 2011.

MICHAELIS. Dicionário de português online. Editora Melhoramentos, 2009.

MTE, Ministério do Trabalho e Emprego. <http://portal.mte.gov.br>. Dezembro, 2014.

NAKANO, Davi. Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. 2ª edição, pg. 71. Rio de Janeiro: elsevier: ABEPRO, 2012.

OLIVEIRA, Graciela Santos J. F. *et al.* Conforto térmico no ambiente de trabalho: avaliação das variáveis subjetivas da percepção do calor. VII SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2010.

OSHA – Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho. A ferramenta KIM – Método Indicador Chave. Acessado em: 09 de janeiro de 2015. Disponível em: <https://osha.europa.eu/pt/topics/msds/slic/handlingloads/19.htm>

PACOLLA, Sileide A. de Oliveira. SILVA, José Carlos Plácido. Revisão de Metodologias de Avaliação Ergonômica Aplicadas à Carteira Escolar: uma abordagem analítica e comparativa. Revista Design e Ergonomia: aspectos tecnológicos (online). Editora UNESP. São Paulo, 2009.

PESSA, Sergio L. R. Análise do trabalho nos três turnos do setor de corte e solda e impressão de uma indústria de embalagens plásticas flexíveis de alimentos, considerando o cronotipo do trabalhador. 2010. Tese – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção – UFRGS.

ROMAN-LIU, Danuta. Comparison of concepts in easy-to-use methods for MSD risk assessment. Applied Ergonomics, v. 45, p. 420-427. Maio de 2014.

TALAIA, Mário *et al.* Riscos naturais antrópicos e mistos. UC - Universidade de Coimbra. Livro-homenagem ao professor doutor Fernando Rebelo. Coimbra, 2013. Disponível em: http://www.uc.pt/fluc/depgeo/Publicacoes/livro_homenagem_FRebelo/. Acesso em: janeiro de 2015.

SNYDER, Ralph D. ORD, Keith. Exponential smoothing and the akaike information criterion. Department of Econometrics and Business Statistics. Junho de 2009.

SOARES, Elaine Victor Gonçalves. SILVA, Liane Marcia Freitas e. Estudo ergonômico e propostas de melhorias em postos de trabalho de uma empresa de mineração. VII SEPRONe – Simpósio de Engenharia de Produção da Região Nordeste. Mossoró-RN, 2012.

SONNE, Michael *et al.* Development and evaluation of an office ergonomic risk checklist: ROSA – Rapid office strain assessment. Applied Ergonomics, v.43, p. 98-108. Janeiro de 2012.

WISNER, A. Por dentro do trabalho. São Paulo: FTD/Oboré, 1987.

3.2 Artigo 2

Artigo a ser submetido, Periódico Produção, ISSN 0103-6513 (impresso), Qualis 2014 - Engenharias III: B2.

Modelo conceitual do processo de análise ergonômica: projeto de software para interface especialista/método

Dalila Giovana Pagnoncelli Laperuta

Sergio Luiz Ribas Pessa

Ivânia Ramos dos Santos

Roger Pogleia da Luz

Resumo

Esse artigo tem como objetivo modelar o processo de análise ergonômica e projetar um software de interface entre especialista e método/ferramentas de avaliação ergonômica, a partir de perspectivas para novas abordagens discutidas na seção 2.1. Os constructos existentes foram analisados a partir da literatura, sintetizados e complementados por respostas abertas a questionário, resultando em modelo mais detalhado do processo. O questionário, aplicado a especialistas em ergonomia, trouxe os requisitos necessários para um software que incorpore os métodos de avaliação aplicados por aspecto avaliado. Um protótipo de alta fidelidade (muito similar ao que será desenvolvido) foi construído a partir dos requisitos, sendo validado pelos especialistas, sugerindo a necessidade de um *framework* conceitual que represente uma nova abordagem para o processo, trazendo mobilidade na avaliação (dispositivos móveis) e tornando opcional a escolha do método, em busca de relatórios mais robustos.

Palavras-chave: ergonomia; engenharia de requisitos; modelo conceitual

3.2.1 Introdução

A avaliação das condições de trabalho (focalização ou análise da atividade) é instrumentada por métodos específicos adotados pelo especialista responsável pela condução do processo. A ergonomia propõe uma abordagem sistêmica de todos os aspectos da atividade humana, sendo necessário aos especialistas observar, de forma holística, os aspectos físicos, cognitivos, sociais, organizacionais e ambientais que envolvem um fenômeno (ABERGO, 2015). Tendo como objetivo identificar as demandas em situações de trabalho que necessitam ser adaptadas ao homem, visa diminuir os acidentes de trabalho e aumentar o conforto e a eficiência. Para Laville (1977), esse processo de análise ergonômica é composto pelas fases de análise do quadro, análise da demanda e análise ergonômica do problema, sendo realizada com base nas normas regulamentadoras e em metodologias tais como AET – Análise Ergonômica

do Trabalho, AMT – Análise Macro Ergonômica do Trabalho, Ação Ergonomizadora e Ergonomia Participativa, que são métodos mais abrangentes (macroergonomia) que consideram o sistema sociotécnico, embora também realizem avaliações pontuais. Já os demais métodos são focados (microergonomia) e buscam avaliar uma condição específica do trabalho (análise da atividade). Diversos estudos recentes têm seu foco na macroergonomia, buscando investigar e otimizar a organização do trabalho, treinamento, pressões organizacionais, trabalho prescrito, familiaridade com as regras da empresa e outras dificuldades, resultando em redução de acidentes, absenteísmos e DORT, aumentando a satisfação e a produtividade dos trabalhadores (ASADZADEH *et al*, 2013; GUIMARÃES *et al.*, 2014, 2014a, REALYVÁSQUEZ *et al.*, 2015).

O Brasil apresenta elevados índices de doenças e acidentes ocupacionais, cujos indicadores o colocam em situação crítica, quando comparado a nações socialmente mais desenvolvidas. Neste cenário, apesar de apresentar resultados mais satisfatórios quando comparada à microergonomia devido a sinergia da macroergonomia às políticas organizacionais e cultura da empresa, as atuais práticas de gestão e a visão dos gestores a respeito dos custos de ergonomia pode inviabilizar a aplicação de procedimentos macroergonômicos nas empresas brasileiras, sob alegação de ser gerencialmente invasiva (BUGLIANI, 2007; LUZ *et al.*, 2015). Portanto, sendo a microergonomia parte da abordagem macro, a mesma requer atenção visto que a escolha do método de avaliação, também chamados de métodos objetivos (observação sistemática) pelo ergonomista impacta significativamente no diagnóstico ergonômico (ASADZADEH *et al.*, 2013; HOLDEN *et al.*, 2015; CIACCIA; SZNELWAR, 2016).

Baudel (2005), em pesquisa realizada em oito unidades da Petrobrás, distribuídas em quatro estados brasileiros, verificou que todos os especialistas em ergonomia entrevistados concordaram que uma ferramenta para o mapeamento e hierarquização das demandas ergonômicas facilitaria a gestão. Ainda nesse estudo, percebeu-se a necessidade de uma ferramenta amigável, em linguagem acessível, que apresente confiabilidade nos resultados, segurança e controle de acesso, e que integre outras ferramentas conhecidas e validadas. Neste viés, este estudo visa modelar o processo de análise ergonômica, bem como projetar um software, por meio de modelos conceituais e do levantamento de requisitos, a fim de projetar, em estudos futuros, um *framework* que represente uma nova abordagem para o processo, dispensando a escolha do método para relatórios mais robustos.

A seção 2.2.2 discorre sobre a construção de modelos conceituais na engenharia de produção. A seção 2.2.3 expõe a engenharia de requisitos e suas metodologias, e a seção 2.2.4 aborda o processo de análise ergonômica e os modelos existentes. Na seção Resultados é apresentado o modelo proposto a partir das técnicas descritas na metodologia.

3.2.2 Modelos Conceituais em Engenharia de Produção

O processo de construção de modelos é formado por uma rede de conceitos para interligar os dados observados. Na ciência clássica, um modelo conceitual era expresso, preferencialmente, em linguagem matemática; entretanto, a ciência não precisa ficar restrita a medições e análises quantitativas, principalmente nos fenômenos que envolvem subjetividade e experiência (CAPRA, 2006). Para Sayão (2001), um modelo conceitual representa a descrição, qualitativa e quantitativa, de aspectos da realidade. Esses aspectos são obtidos através da transformação do conhecimento tácito em explícito, por meio da socialização, externalização, internalização e combinação desse conhecimento, resultando em modelos representados de forma gráfica (NONAKA; TAKEUCHI, 1997).

Segundo Muniz Junior *et al.* (2009), a construção de um modelo conceitual na engenharia de produção acontece em três etapas: 1. Proposição do modelo; 2. Delineamento do trabalho de campo; e 3. Realização do trabalho de campo (Figura 6).

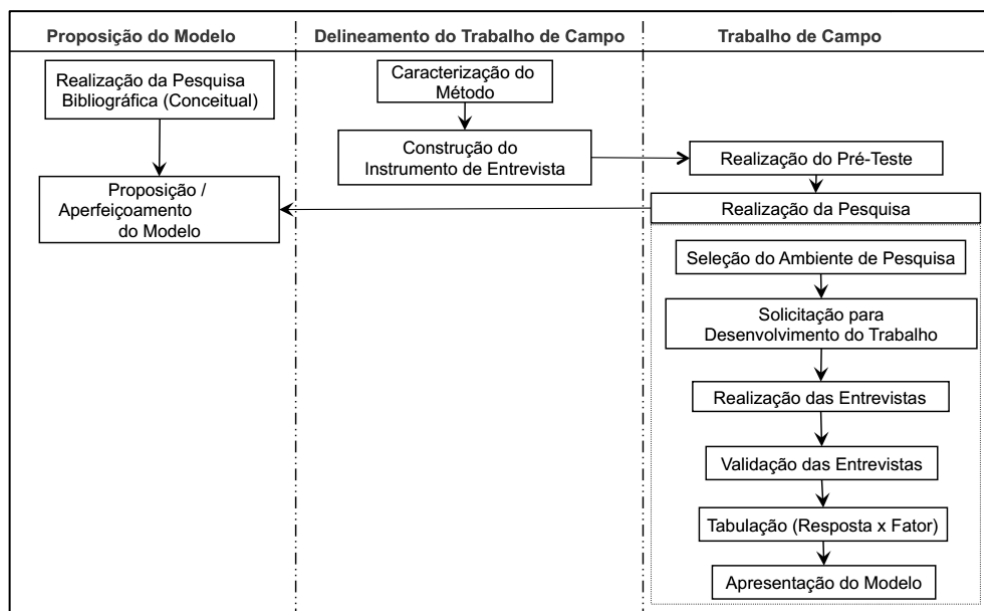


Figura 6: Construção de modelos conceituais em engenharia de produção. FONTE: Muniz Junior *et al.*, 2009.

A primeira fase refere-se à proposição do modelo, onde a pesquisa bibliográfica é aplicada a fim de investigar o que diz a literatura a respeito do processo em estudo, e se há um ou mais modelos já propostos. Parte-se então para a segunda fase da modelagem, através do

delineamento do trabalho de campo, onde são definidos os métodos de coleta de dados e a construção dos questionários ou roteiros de entrevista. Na terceira fase, o trabalho de campo tem início com a validação dos instrumentos (pré-teste), escolha da empresa (disponibilidade), realização da entrevista, e construção do modelo a partir dos resultados analisados. A segunda e terceira fase será apoiada pela engenharia de requisitos, pois a mesma apresenta diversas metodologias e técnicas de coleta de dados para modelagem de processos.

3.2.3 Levantamento de Requisitos de Software

O levantamento de requisitos consiste em um processo de descobrir, analisar, documentar e verificar serviços e restrições para definir um software com base nas características humanas fundamentais, tais como necessidades dos usuários e questões políticas e organizacionais (SOMMERVILLE, 2007).

Os requisitos de usuário descrevem o comportamento externo do sistema em linguagem natural, com o apoio de tabelas, diagramas e formulários, enquanto os requisitos de sistema definem detalhadamente o que o sistema deve fazer e as suas restrições de software. Já os requisitos de negócio (ou domínio) tratam dessas funcionalidades e restrições, regulamentando procedimentos operacionais do negócio, mesmo não automatizadas. Os requisitos de usuário e domínio são investigados junto aos gerentes, usuários finais, engenheiros do cliente e fornecedores, enquanto que os de sistema são definidos pelos analistas e arquitetos de sistemas e desenvolvedores. O processo de levantamento e análise de requisitos tem início na obtenção, posterior classificação e organização das ações esperadas pelo usuário, as quais são priorizadas e discutidas, resultando na elaboração de um documento de requisitos (SOMMERVILLE, 2007).

Há diversas técnicas de levantamento de requisitos: os métodos de conversação incluem entrevistas, *workshops*, *brainstorming*, questionários, e grupos focais. Já nos métodos de observação, são exemplos a etnografia (análise das tarefas), observação, e protocolo de análise (*protocol analysis*). O reuso de requisitos (de sistemas similares), estudo de documentação, *laddering* (entrevistas individuais em profundidade), sorteio de cartões (capturar informações e ideias) e *repertory grid* (entidade x atributo) são técnicas analíticas. Por fim, as sintéticas podem ser sessões JAD (*Joint Application Design*) (variedade de métodos para conduzir workshops), prototipação, questionário de ambiente (observação e interação com as pessoas no ambiente de trabalho), *storyboards* (sequência de atividades) e cenários (casos de uso) (BELGAMO; MARTINS, 2000; GÓES *et al.*, 2013; MOURA JUNIOR; BELLINI, 2014). Nas metodologias ágeis de desenvolvimento de software, o levantamento de requisitos é feito

por meio de *user stories*, que são semelhantes aos casos de uso (diagramas), porém focado nos objetivos do usuário.

Segundo recomendações em estudo comparativo de técnicas de levantamento de requisitos (BARBOSA *et al.*, 2009), as técnicas *brainstorming*, JAD e prototipação descartável foram recomendadas a fim de coletar requisitos de alta qualidade.

3.2.4 Processo de Análise Ergonômica

A análise ergonômica representa a investigação das relações entre o homem e o trabalho, a partir das demandas (inadequações ergonômicas) percebidas, melhorando a concepção das situações de trabalho e a organização dos sistemas sociotécnicos (PIZO; MENEGON, 2010). Para compreender esse processo, buscou-se autores que criaram representações gráficas ou que detalharam em etapas o processo. É importante ressaltar que o foco deste trabalho está em como a avaliação (análise da atividade) acontece na prática, sem vínculo à uma metodologia específica. Na figura 7 são detalhadas três visões do processo, semelhantes às dos autores consagrados utilizados no referencial teórico deste estudo, porém com maior nível de detalhamento.

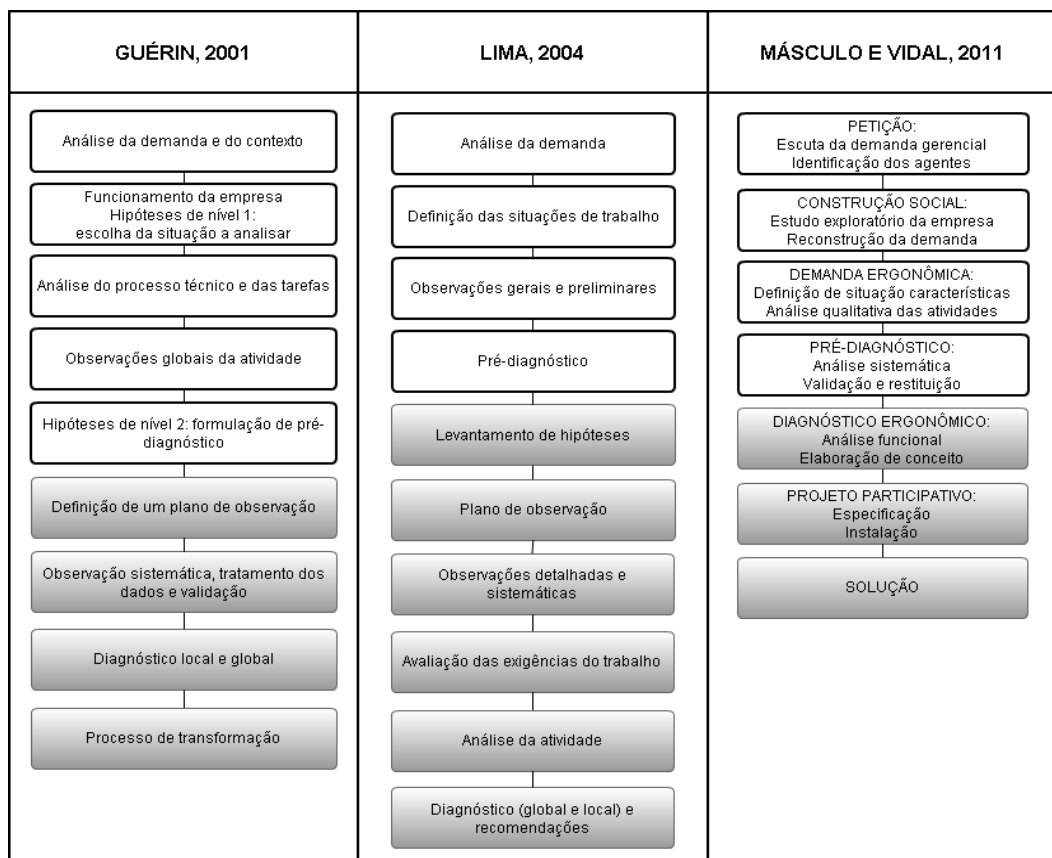


Figura 7: Processo de análise ergonômica, por Guérin (2001), Lima (2004) e Másculo e Vidal (2011).

Guérin *et al.* (2001) demonstram as fases da ação ergonômica, desde a análise da demanda e contexto à reformulação da demanda. Lima (2004) segue um roteiro baseado numa proposta do Ministério do Trabalho e Emprego com alta correlação com a Norma Regulamentadora de Ergonomia (NR17). Másculo e Vidal (2011) discutem um itinerário da ação ergonômica completa, que representa uma metodologia que permite ao profissional entender objeto e escopo da investigação. Nos constructos, as etapas de análise da demanda até a etapa de pré-diagnóstico são similares (quadros brancos na Figura 7), já as etapas subsequentes possuem particularidades as quais serão analisadas a partir de um estudo de campo em empresas de assessoria em ergonomia. A Figura 8 sintetiza as visões apresentadas na Figura 7.

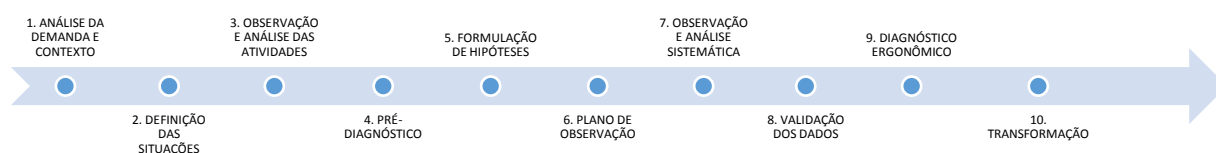


Figura 8: Síntese das etapas da análise ergonômica. Elaborado pelo autor a partir da Figura 7.

Os modelos iniciam com a análise da demanda e contexto, onde há a coleta de informações sobre a organização e seus problemas, com base nas tendências históricas em registros de saúde ou desempenho, a fim de identificar os incidentes críticos (situações).

A etapa de análise da demanda e contexto é enriquecida por uma abordagem sociotécnica, cuja finalidade é observar a empresa de forma sistêmica, a fim de compreender as complexidades do sistema de trabalho e as causas das inadequações ergonômicas (STEEGE; DYKSTRA, 2016). Seleciona-se então os critérios ergonômicos, computando a incidência total (casos/total/tempo), e então realiza-se um levantamento do nível de conforto do trabalhador (observação e análise das atividades). A partir disso, ocorre a análise dos problemas de trabalho, onde são identificadas as áreas/processos/trabalhadores em situações inadequadas, selecionando e avaliando os trabalhos alvo (pré-diagnóstico). Posteriormente, seleciona-se os procedimentos apropriados de análise e registro dos dados, compilando-os e determinando a exposição ocupacional, lista de tarefas, realizando então uma entrevista com os trabalhadores envolvidos nos casos selecionados. Após formuladas as hipóteses, realiza-se um plano de observação para avaliação dos problemas de trabalho, onde seleciona-se um ou mais métodos de análise da tarefa, executando observação *in loco* para analisar: tarefas, medidas, forças, tempo, ritmo e postura. Então, identifica-se e quantifica-se os fatores de risco observados (análise sistemática e validação dos dados). Por fim, ocorre a implementação de solução ergonômica, onde identifica-se as possíveis soluções (controle administrativo ou de engenharia,

realocação de função ou educação/formação). Define-se então os requisitos para uma solução ergonômica (diagnóstico) e seleciona-se a mais apropriada, implementando-a (transformação). Por fim, mede-se a eficácia da solução aplicada, com base em critérios.

A fim de investigar se os constructos analisados (Figuras 7 e 8) refletem a prática dos ergonomistas da amostra, a seção 2.2.6 ocupa-se da pesquisa de campo sobre o processo, através de técnicas de levantamento de requisitos junto às empresas de serviços em ergonomia de um município do Sudoeste do Paraná.

3.2.5 Metodologia

Este estudo qualitativo foi construído com base na revisão de literatura (GIL, 2010), a fim de definir os principais conceitos envolvidos no objeto de estudo, combinado à pesquisa de campo para aperfeiçoar o modelo do processo investigado. Os passos metodológicos da pesquisa de campo foram os propostos por Muniz *et al.* (2008) (Figura 6), aplicados através de métodos de coleta de dados da engenharia de requisitos. O delineamento do trabalho de campo e a construção dos instrumentos de entrevista foram apoiados pelas técnicas de questionário e *brainstorming*, para detalhamento do processo e validação dos requisitos. Este estudo seguiu ainda as recomendações propostas por Godoy (2005) em seu estudo sobre critérios de qualidade da pesquisa qualitativa, por meio da clareza na apresentação dos pressupostos que sustentam o estudo, detalhamento do trabalho de campo e do processo analítico, validação, e documentação dos dados.

O questionário foi elaborado com o objetivo de obter detalhamento sobre o processo de análise ergonômica e ainda levantar os requisitos para uma solução de software. Para tanto, foi composto por sete questões (3 abertas e 4 objetivas), construído no *Formulários Google®* (serviço de formulários online, fornecido por Google Inc., “Google”, Estados Unidos), teve por objetivo levantar requisitos sobre o processo investigado. As questões abordaram o perfil profissional do entrevistado (questão 1), o detalhamento do processo praticado pelo especialista (2), os critérios de escolha (3) e as ferramentas de avaliação utilizadas (4), formas de aplicação dos métodos (5), apresentação de requisitos de usuário para aceitação/rejeição (6) e informações de contato (7). Foi aplicado presencialmente, junto a 6 especialistas que atuam em 4 empresas de ergonomia de um município do Paraná. As respostas foram analisadas qualitativamente e serviram de base para a proposição do modelo conceitual.

Para interpretação das questões abertas, utilizou-se o software de análise textual, *Iramuteq®* (software gratuito e de código aberto, desenvolvido por Pierre Ratinaud, França). Este software, dentre outras funções, oferece a análise de similitude, que possibilita identificar

a distribuição, combinação e conexão entre as palavras de um corpo textual, expressada graficamente através da árvore de coocorrência (MOURA *et al.*, 2015).

Prototipagem de alta fidelidade, também chamada de *mockup* ou protótipo funcional, foi utilizada pelos especialistas em tecnologia de informação para representar os requisitos levantados e projetar o software. A prototipagem é recomendada para demonstrar conceitos, testar opções e validar requisitos, a fim de conhecer mais sobre um problema e suas possíveis soluções (SOMMERVILLE, 2007), sendo validada junto aos ergonomistas. O protótipo contemplou o layout das telas com hiperlink nos botões para simular o fluxo do sistema, sendo descartável (será reconstruído em ambiente de desenvolvimento após validação).

3.2.6 Resultados

A seguir são apresentados os resultados das etapas de questionário, definição dos requisitos, análise de similitude, modelo conceitual e prototipagem.

3.2.6.1 Análise das respostas ao questionário e definição dos requisitos

O questionário foi respondido por 4 empresas do município, especializadas em serviços em ergonomia e segurança do trabalho, representadas por engenheiros de segurança do trabalho, fisioterapeutas e pesquisador. A maioria dos participantes afirmou escolher os métodos de avaliação ergonômica a partir de pesquisas em busca da ferramenta mais adequada, com base em sua formação profissional e de acordo com as características da atividade avaliada. A Figura 9 descreve os métodos de avaliação ergonômica utilizados pelos especialistas questionados.

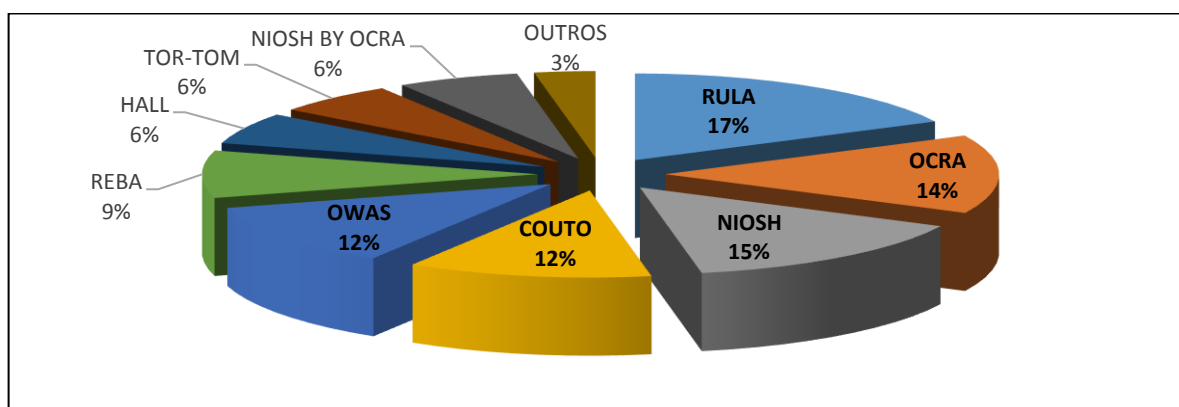


Figura 9: Métodos de avaliação utilizados pelas empresas especializadas em avaliação ergonômica em Pato Branco - PR. O indicador “OUTROS” é formado pelos métodos: NASA-TLX, AET, ACGIH, NR's, NHO, MOORE & GARG (JSI), MICHIGAN, MALCHAIRE, SUE RODGERS e CORLET, onde cada método apresentou incidência = 1. Elaborado pelo autor

Nota-se que, dos seis métodos mais utilizados, 4 focam na avaliação postural (RULA, OWAS, REBA e COUTO), 1 avalia carga física (NIOSH), e outro avalia a repetitividade

(OCRA). Os demais métodos avaliam o ambiente, a higiene ocupacional, distúrbios musculoesqueléticos, risco e dor. A amostra sugere que a avaliação da carga mental dos trabalhadores é pouco frequente, pois o método NASA-TLX foi citado por apenas 1 dos profissionais.

A maioria dos respondentes afirmou aplicar os métodos manualmente ou em planilhas eletrônicas, e alguns em softwares ou sites específicos. Quando perguntados sobre as funcionalidades desejadas em um software que integrasse diversas ferramentas/métodos de avaliação ergonômica, os respondentes selecionaram como demanda as funções descritas na Tabela 2. Percebe-se que a maioria dos profissionais deseja poder escolher os métodos de avaliação, enquanto também desejam coletar as variáveis cabíveis sem precisar escolher um método. O profissional que mostrou preferência por escolher um método atua em perícias trabalhistas, onde há preocupação em encontrar o agente causador, em contradição às empresas que atuam na prevenção de acidentes e doenças laborais (intervenção ergonômica).

As necessidades percebidas pelos pesquisadores no processo de análise ergonômica foram apresentadas no questionário em forma de requisitos, onde os especialistas em ergonomia informaram possuir ou não a demanda apresentada, podendo sugerir novas necessidades em sessão de *brainstorming*. As necessidades levantadas foram representadas em forma de requisitos, que servirão de subsídio para desenvolver o software proposto (Tabela 2).

Tabela 2: Requisitos de software de avaliação ergonômica levantada junto aos seis especialistas em ergonomia.

ID	Requisitos propostos ou sugeridos	Qtde Especialistas
R1	Configurar os métodos que devem ser considerados na avaliação ou projeto	5
R2	Gerar relatórios automaticamente pelo software	5
R3	Acesso a dados históricos do trabalhador e empresa (avaliações anteriores)	5
R4	Permitir adicionar dados à avaliação e salvá-la como rascunho, até que esteja pronta para gerar o relatório de avaliação	5
R5	Permitir editar valores informados em avaliação já realizada (relatório/laudo revisado)	5
R6	Possibilidade de coletar indicadores do ambiente pelo celular, e alimentar o software	5
R7	Coletar as variáveis relacionadas à avaliação, e obter o resultado de todos os métodos ergonômicos cabíveis, sem precisar escolher um método	5
R8	Associar trabalhador avaliado ao empregador, sendo possível avaliar o perfil ergonômico da empresa	5
R9	Importar relatórios de outros equipamentos para incorporar ao relatório	4
R10	Configurar perfil de usuário: administrador (acesso a todos os projetos), ergonomista (acesso restrito aos projetos em que atua) e empresa (leitura à relatórios finais).	4
R11	Relatórios por empresa, trabalhador, função, ramo de atividade, etc	4
R12	Acesso através da web, com layout adaptado para dispositivos móveis	4
R13	Emissão de laudos detalhados (memoriais) e laudos finais (síntese)	3
R14	Sugerir métodos aplicáveis de acordo com a função do trabalhador	1

FONTE: Elaborado pelo autor.

Os requisitos de 1 a 8 mostraram-se prioritários em relação à expectativa dos especialistas, devendo ser priorizados. O requisito R14 foi sugerido por um dos profissionais consultados ao final do levantamento, por isso apresentou demanda igual a 1. Entretanto, foi considerado pertinente e será incluído na fase de prototipação, pois facilita aos futuros usuários a aplicação de métodos pertinentes à atividade avaliada.

3.2.6.2 *Análise de similitude em resposta aberta*

A pesquisa de campo trouxe, a partir de uma questão aberta, os constructos utilizados pelos especialistas na condução do processo de análise ergonômica. Essas respostas abertas foram analisadas textualmente (software *Iramuteq*®), através da análise de similitude, representadas graficamente pela árvore de coocorrência que mostra a conexão entre as palavras (Figura 10).

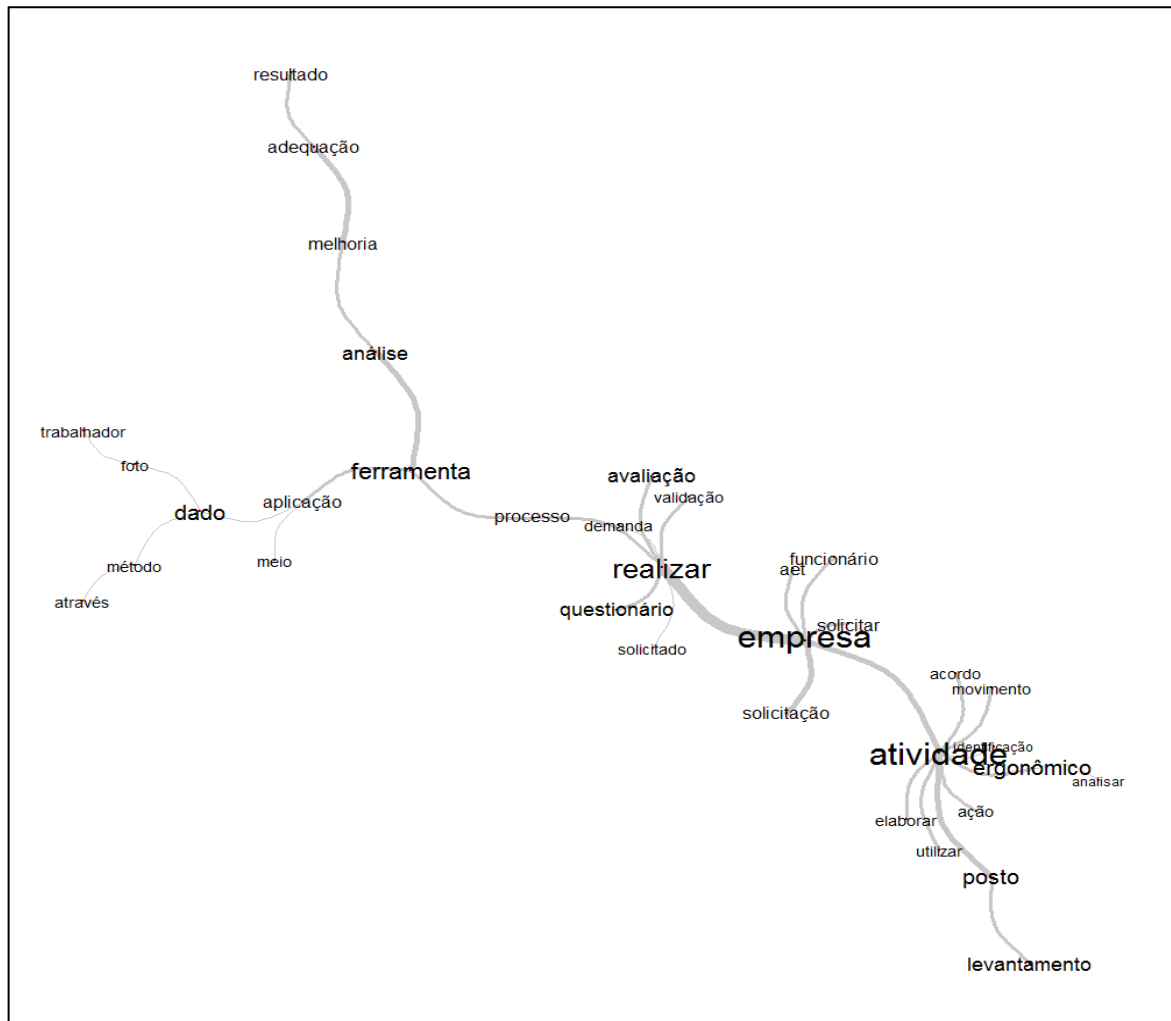


Figura 10: Árvore de coocorrência gerada a partir das respostas abertas dos especialistas quanto à descrição do processo de análise ergonômica. Gerado pelo software *Iramuteq*®, elaborado pelo autor.

3.2.6.3 Modelo conceitual do processo de análise ergonômica

Todas as etapas contidas nos relatos dos especialistas, quando questionados sobre a condução do processo de análise/avaliação, foram representadas na Figura 11.

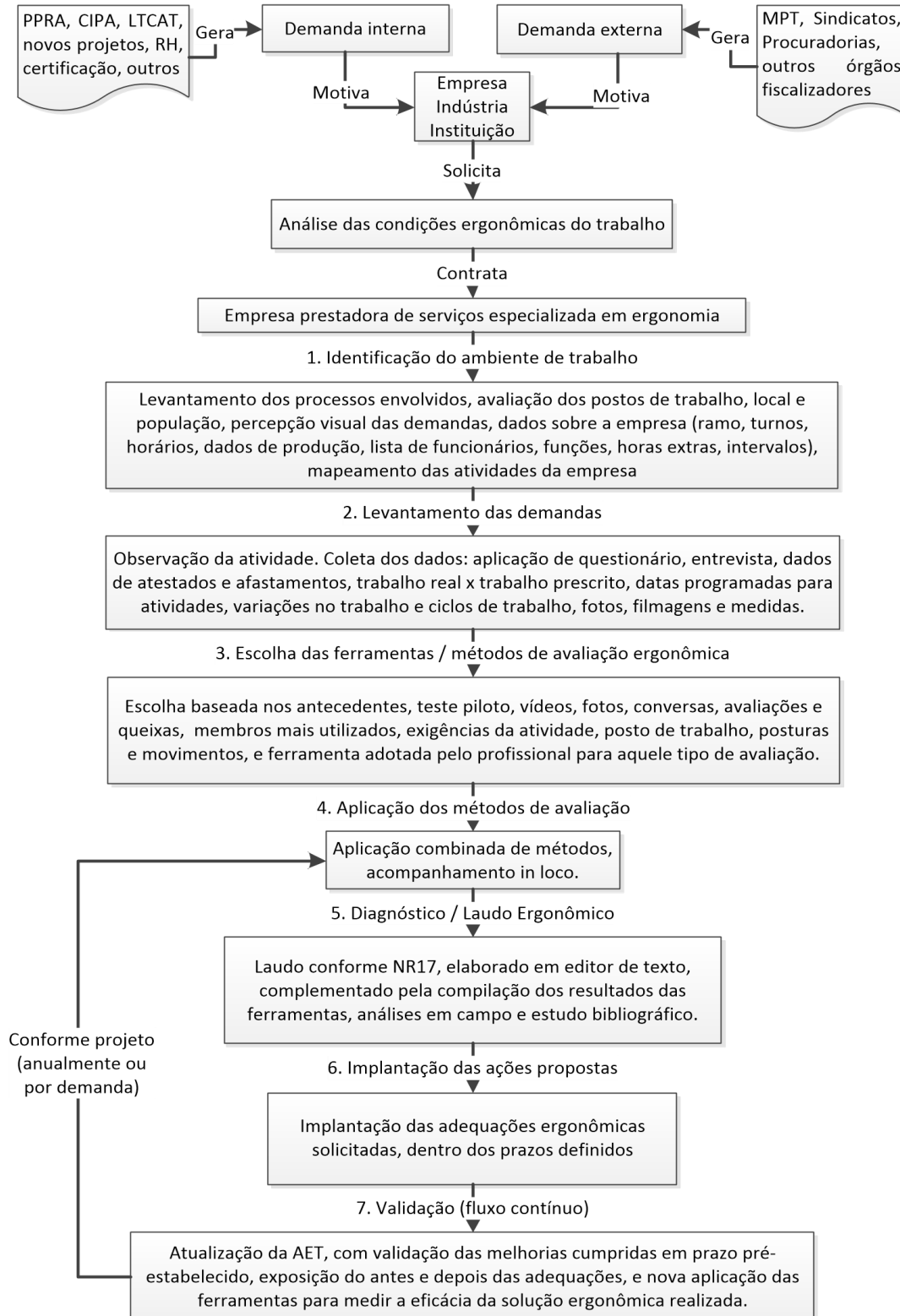


Figura 11: Modelo conceitual do processo de análise e avaliação ergonômica. Elaborado pelo autor a partir da descrição do processo feita pelos especialistas participantes.

Percebe-se, ao comparar as Figuras 8 e 11, que apesar da síntese dos modelos da revisão de literatura possuir uma quantidade de etapas conceituais distintas (10 e 7, respectivamente), elas são semelhantes e seguem a mesma lógica de continuidade. Este modelo conceitual empírico proposto, quando comparado aos já expostos, agrega as informações referentes às fontes de demanda interna e externa para análise ergonômica, as variáveis analisadas para o levantamento das demandas, as premissas de julgamento para escolha do método de avaliação, e a validação em fluxo contínuo das adequações ergonômicas praticadas.

Na etapa 3 (Figura 7), os especialistas afirmaram escolher os métodos com base nos antecedentes (métodos anteriormente utilizados para avaliar aquela situação), por meio de aplicação piloto para verificar se o método é adequado para o contexto, ou em observação à atividade (vídeos, fotos, queixas, membros utilizados, posto de trabalho, posturas e movimentos). Observou-se ainda que o profissional pode inferir suas preferências para determinar o método a ser utilizado. Por exemplo, um dos profissionais afirmou que “... para postura utilizamos RULA...”, sugerindo um pré-julgamento subjetivo na escolha, uma vez que existem diversos métodos de avaliação postural que poderiam ser aplicados para este tipo de avaliação. Portanto, é importante ressaltar que, considerando essas variáveis, o profissional fará a escolha da ferramenta mais adequada de seu portfólio profissional (experiências, pesquisas e normas), não podendo aplicar um método, que embora adequado, não seja de seu conhecimento e domínio.

3.2.6.4 *Prototipagem dos requisitos*

Os requisitos foram identificados pelos especialistas em TI junto aos profissionais de ergonomia, na descrição do processo, nas respostas ao questionário e em *brainstormings*, e ranqueados conforme demanda (Tabela 2), os quais foram representados graficamente (Figuras 12 e 13) no *Evolus Pencil*® (software livre GPL para criar protótipos, fornecido por Evolus Co. Ltd). O protótipo e suas respectivas técnicas de levantamento e estruturação de requisitos sugerem e embasam a proposição de um *framework* conceitual (solução) que realize a interface entre especialista e método, que, uma vez orientado ao aspecto avaliado, torna opcional a escolha do método a ser aplicado (dispensa a escolha).



Figura 12: Telas de consulta e configuração da avaliação ergonômica, com indicação de requisitos correspondentes. Elaborado pelo autor.

O software permite o registro (R4), a edição (R5) e a consulta (R11) das avaliações ergonômicas, a partir de uma combinação de empresa (R8), funcionário e função atual (R14), sendo o campo funcionário opcional para o caso de avaliações de grupo (função). Também é possível ao avaliador ter acesso aos dados históricos (R3) sobre empresas, avaliações e funções anteriores do trabalhador avaliado. No painel “Métodos a aplicar”, estão listados todos os métodos incorporados ao software, os quais vem marcados por padrão, e são sugeridos conforme função selecionada (R14). Neste ponto é que a escolha se torna opcional, pois o especialista em ergonomia pode aplicar todos os métodos relacionados ao aspecto avaliado (R7), sugeridos pelo software; entretanto, o avaliador ainda pode escolher os métodos que deseja aplicar (R1), conforme experiência profissional e percepções. O software oferece a geração de um relatório, ao final da avaliação, que conterà os resultados, resumido ou descritivo (R2, R13), dos métodos específicos. É relevante destacar que o relatório gerado é apenas uma etapa da análise ergonômica, sendo a aplicação de métodos macroergonômicos e a percepção profissional indispensáveis para realizar o diagnóstico.

The image displays two side-by-side screenshots of a web application interface titled "Coletar variáveis". Both screens have a "Home" button and a search icon in the top right corner.

The left screenshot shows the "Método origem:" set to "NIOSH". Below this is a progress indicator with 12 dots, the 10th of which is active. A dropdown menu is set to "Carga física". Below this is a section labeled "Peça levantada:" with a text input field. A grid of input fields follows, with variables H, V, D, A, F, QP, P, H, IL. Each field has a yellow question mark icon. Navigation arrows are on the left and right. Buttons at the bottom are "Cancelar", "Salvar", and "Importar dados".

The right screenshot shows the "Método origem:" set to "JSI". Below this is a progress indicator with 12 dots, the 10th of which is active. A dropdown menu is set to "Carga física". Below this is a list of dropdown menus for variables: FIT - Fator intensidade do esforço, FDE - Fator duração do esforço, FFE - Fator frequência do esforço, FPMP - Fator postura mão e punho, FRT - Fator ritmo de trabalho, and FDT - Fator duração do trabalho. Each dropdown has a yellow question mark icon. Navigation arrows are on the left and right. Buttons at the bottom are "Cancelar", "Salvar", and "Importar dados".

Figura 13: Coleta de variáveis dos métodos para avaliar carga física. Elaborado pelo autor.

Após configurada a avaliação (Figura 12), a qualquer momento pode ser iniciada a coleta dos indicadores dos métodos a partir do aspecto avaliado (Figura 13). Por exemplo, ao avaliar carga/esforço físico, as variáveis dos métodos relacionados serão apresentadas em um painel (R7), sendo possível salvar (R4) e retomar a coleta sempre que necessário. Tendo em vista que o software foi projetado para ambiente web (navegadores), sendo responsivo (se adapta a dispositivos móveis) (R12, Figura 12), a coleta das variáveis é facilitada, uma vez que o profissional pode coletar e registrar as medições diretamente no software, dispensando o uso de rascunhos e formulários impressos, gerando agilidade (elimina o retrabalho) e aumentando a confiabilidade (informações ilegíveis, medições incompletas). Uma lista suspensa permite a escolha do aspecto avaliado, enquanto a navegação entre as variáveis é realizada por meio de controles de avançar e voltar. O campo “Método origem” informa a que método pertencem as variáveis informadas, sendo possível ao profissional também navegar entre os métodos, conforme configurados (R1, Figura 12).

O protótipo prevê ainda a coleta de indicadores (fotos, vídeos, áudio) por dispositivo móvel (R6) e a importação de relatórios de outros equipamentos (R9). Outras telas de *login*, menu principal e cadastros foram projetadas para dar suporte aos requisitos levantados, mas

não foram inseridas neste artigo por representarem funções básicas de suporte às funções principais.

Para validação, o protótipo foi apresentado ao grupo de especialistas, em sessões de *brainstorming*, onde as telas impressas receberam anotações e ajustes, e uma versão digital com *hiperlinks* entre os botões permitiram ao usuário navegar entre as telas, simulando o fluxo de atividades do sistema. A contribuição mais importante desta etapa está relacionada à configuração da avaliação: o protótipo considerou avaliações obrigatoriamente associadas a um trabalhador, enquanto que diversas empresas elegem, quando a tarefa é executada de maneira semelhante, apenas um trabalhador, cuja avaliação é associada apenas a função. Essa alteração foi realizada dispensando a obrigatoriedade do campo “Funcionário”, mantendo a associação empresa e função. Por fim, o protótipo de software foi validado e sua adequação e aplicabilidade reafirmada.

3.2.7 Conclusões

A condução do processo de análise ergonômica realizada pelos profissionais é muito semelhante aos constructos propostos na literatura. O modelo gerado a partir da prática dos especialistas trouxe maior detalhamento do processo quando comparado aos existentes, por meio da inclusão das etapas de geração de demanda, escolha do método de avaliação, e validação em fluxo contínuo das adequações ergonômicas. Este modelo poderá contribuir para a melhoria do processo, bem como fundamentar novas abordagens.

O levantamento de requisitos e a prototipagem mostraram-se técnicas eficientes para detalhamento de processos e alinhamento entre demanda e solução de software. Estudos futuros poderão revisar o atual levantamento por meio de técnicas de levantamentos de requisitos com foco na qualidade do produto.

Os profissionais pesquisados demonstraram interesse em manter a atual abordagem (escolha do método) e ainda realizar avaliações a partir da coleta das variáveis sugeridas pelo software, experimentando novos métodos. A demanda por uma ferramenta de coleta e avaliação ergonômica, que tenha mobilidade e permita a aplicação de novos métodos foi confirmada pelos especialistas, que validaram o protótipo. Essa mobilidade para coleta de variáveis a partir de dispositivos móveis despertou entusiasmo junto aos profissionais, que buscam agilidade e confiabilidade nas avaliações.

O protótipo permitirá a ampliação e a atualização do portfólio do profissional, bem como poderá facilitar o procedimento de avaliação, com foco no aspecto avaliável, dispensando a escolha do método sem a excluir. Poderá ainda contribuir para o diagnóstico, por meio do registro e acesso aos dados históricos da empresa, da função e do trabalhador. Contudo, os métodos deverão ser aplicados por profissionais habilitados, com conhecimentos em ergonomia, antropometria e afins, visto que, embora a operacionalização do protótipo seja simples, a execução dos métodos ainda depende de conhecimentos complexos e rigor metodológico.

Essas constatações abrem espaço para a criação de um *framework* que represente a interface especialista/método sugerida pelo software, a fim de tornar opcional a ação de escolha, em busca de avaliações mais robustas. Em trabalhos futuros pretende-se desenvolver o protótipo proposto, e aplicá-lo junto aos profissionais em etapas de escolha e não-escolha do método, analisando, comparativamente, a relevância dos resultados obtidos.

3.2.8 Referências

ABERGO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA. Portal da Associação Brasileira de Ergonomia. Link: http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia. Acesso em: julho de 2015.

ASADZADEH, S. M., AZADEH, A., NEGAHBAN, A., & SOTOUDEH. Assessment and improvement of integrated HSE and macro-ergonomics factors by fuzzy cognitive maps: the case of a large gas refinery. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, v. 26, n. 6, p. 1015-1026, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jlp.2013.03.007>.

BARBOSA, Glívia., WERNECK, Marcelo., ASSIS, Helen., FERNANDES, Ulisses., & SILVA, Ismael. Um processo de elicitação de requisitos com foco na seleção da técnica de elicitação. VIII Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software, Minas Gerais, Brasil. Junho de 2009.

BAUDEL, Ana Claudia de Abreu. Mapeamento hierárquico das demandas ergonômicas de uma empresa - análise de uma proposta. Dissertação de Mestrado em Sistemas de Gestão. Universidade Federal Fluminense, 2005.

BELGAMO, A., & MARTINS, L.E.G. Estudo comparativo sobre as técnicas de elicitação de requisitos do software. XX Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Computação, Paraná, Brasil, 2000.

BUGLIANI, Raquel de Oliveira. Macroergonomia: um panorama do cenário brasileiro. Dissertação de mestrado. UNESP - Universidade Estadual Paulista, 2007.

CIACCIA, Flavia Renata Dantas Alves Silva, & SZNELWAR, Laerte Idal. Comfort and discomfort in aircraft cabins: a method based on activity analysis. *Production*, Epub 08 de março de 2016. <https://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.027011>

- GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Editora Atlas, 2010.
- GODOY, Arilda Schmidt. Refletindo sobre critérios de qualidade da pesquisa qualitativa. *Revista Eletrônica de Gestão Organizacional*, v. 3, n.2, p. 81-99, 2005.
- GÓES, A. S., SILVA, J. P., & BARROS, R. M. Melhoria no Processo de Levantamento de Requisitos para Software de Gestão Pública: Um Estudo de Caso utilizando Instruções de Trabalho. *Revista de Sistemas de Informação da FSMA*, v. 12, p. 21-32, 2013.
- GUÉRIN, F. Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2001.
- GUIMARÃES, L. B. de M., RIBEIRO, J. L., & RENNER, J. S. Cost-benefit analysis of a socio-technical intervention in a Brazilian footwear company. *Applied Ergonomics*; v. 43, n. 5, p. 923-935, 2014. doi:10.1016/j.apergo.2012.01.003
- GUIMARÃES, L. B. de M., RIBEIRO, J. L. D., RENNER, J. S., & OLIVEIRA, P. A. B. de. Worker evaluation of a macroergonomic intervention in a Brazilian footwear company. *Applied Ergonomics*, v. 45, n. 4, p. 923-935, 2014a. doi:10.1016/j.apergo.2013.11.007
- HOLDEN, Richard J., BROWN, Roger L., SCANLON, Mathew C., RIVERA, A. Joy., & KARSH, Ben-Tzion. Micro- and macroergonomic changes in mental workload and medication safety following the implementation of new health IT. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 49, p. 131-143, 2015. doi:10.1016/j.ergon.2014.04.003
- LAVILLE, Antoine. Ergonomia. Tradução: Márcia Maria Neves Teixeira. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1977.
- LIMA, João Ademar de Andrade. Bases teóricas para uma metodologia de análise ergonômica. 4º Ergodesign – 4º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia: Produtos, Programas, Informação, Ambiente Construído. Rio de Janeiro, Brasil. Maio de 2004.
- LUZ, Roger Pogliá; MEIRA, Ademar Alves de; DALA COSTA, Tassiana Cristina; PESSA, Sérgio L. R.; & LAPERUTA, Dalila G. P. Avaliação da atividade do operador de torno semiautomático para peças seriadas – um estudo ergonômico. V COMBREPPO – Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa – PR, dezembro de 2015.
- MOURA JUNIOR, Pedro Jácome de, & BELLINI, Carlo Gabriel Porto. Repertory grid, laddering e análise de conteúdo: uma abordagem psicométrica para entender profissionais de tecnologia da informação. *JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management*, v. 11, n. 1, p. 215-232, 2014. <https://dx.doi.org/10.4301/S1807-17752014000100012>
- MOURA, Samuel Ricardo Batista; MARQUES JUNIOR, Marcos Alcino Soares Siqueira; ROCHA, Arthur Kennedy Leite; VIEIRA, João Pedro Pinheiro do Nascimento; MESQUITA, Gerardo Vasconcelos, & BRITO, José Nazareno Pearce de Oliveira. Análise de similitude dos fatores associados à queda de idosos. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, v. 22, n. 1, p. 59-67, 2014.
- MUNIZ JUNIOR, Jorge., BATISTA JÚNIOR, Edgard Dias., TRZESNIAK, Piotr., & MARINS, Fernando A. S. Fundamentos para construção de modelos em gestão de produção.

In: Oliveira, V. F., Cavenagui, V., & Másculo, F. S. (org): Tópicos emergentes e desafios metodológicos em engenharia de produção: casos, experiências e proposições, v. 2, p. 44-55, 2009. Rio de Janeiro: Editora da Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ISBN 978-85-88478-38-1)

NONAKA, Ikujiro., & TAKEUCHI, Hirotaka. Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

PIZO, Carlos Antonio., & MENEGON, Nilton Luiz. Análise ergonômica do trabalho e o reconhecimento científico do conhecimento gerado. *Produção*, v. 20(4), p. 657-668. doi: 10.1590/S0103-65132010005000058. São Paulo, Outubro/2010. Acesso em: Abril/2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132010000400013&script=sci_arttext

SAYÃO, Luís Fernando. Modelos teóricos em ciência da informação – abstração e método científico. *Ciência da Informação*, v. 30, n. 1, p. 82-91, 2001.

SOMMERVILLE, Ian. *Engenharia de Software*. Editora Pearson Education, 8ª edição, 2007.

STEEGE, Linsey M., & DYKSTRA, Jessica G. A macroergonomic perspective on fatigue and coping in the hospital nurse work system. *Applied Ergonomics*, v. 54, p. 19-26, 2016.

3.3 Artigo 3

Artigo a ser submetido, Periódico Applied Ergonomics, ISSN 0003-6870, Qualis 2014 - Engenharias III: A2.

***Framework* especialista para ferramentas de avaliação ergonômica**

Dalila Giovana Pagnoncelli Laperuta – UTFPR – dalila@utfpr.edu.br
Sergio Luiz Ribas Pessa – UTFPR – slpessa@utfpr.edu.br
Jhonnatan Ricardo Semler – UTFPR - jrsemler@utfpr.edu.br
Tassiana Cristina Dalla Costa – tassiana.fisio@gmail.com

Resumo

Este estudo propõe um *framework* de interface entre especialista e ferramenta/método para avaliação ergonômica, e aplica-o por meio solução de software. Em estudos preliminares revisou-se os métodos existentes, publicações e percepções, bem como mapeou-se o processo de análise ergonômica, para compreender a condução dos procedimentos e os critérios adotados pelos profissionais na escolha da ferramenta de avaliação, resultando em layout de protótipo de software (seções 2.1 e 2.2). A partir desses estudos propôs-se um *framework* de avaliação ergonômica orientado pelo aspecto avaliado, cuja validação foi realizada com o desenvolvimento e aplicação do protótipo proposto. Optou-se pela avaliação da carga física, onde os métodos NIOSH, JSI e *Frimat* y *Chamoux* foram incorporados ao software (muito usado, pouco usado e nunca usado, respectivamente, pela amostra). Na primeira etapa, a avaliação foi realizada pelos especialistas sem o uso do *framework*, por meio da escolha e aplicação manual dos métodos NIOSH e *Moore and Garg*; na segunda etapa, o método *Frimat* y *Chamoux*, diferente dos escolhidos, foi aplicado (software). Os resultados dos métodos mostraram-se complementares, onde a aplicação do *framework* permitiu acrescentar variáveis à avaliação, e ainda ampliar o portfólio do profissional. Essas contribuições podem gerar avaliações mais amplas e robustas a partir de múltiplos métodos, aplicados conforme aspecto avaliável. Em estudos futuros, pretende-se aprimorar e disponibilizar esse software gratuitamente aos profissionais, incorporando continuamente novos métodos à solução.

Palavras-chave: ergonomia; métodos e ferramentas de avaliação ergonômica; carga física; *framework* conceitual

3.3.1 Introdução

Os métodos de avaliação ergonômica, também conhecidos como ferramentas, métodos expeditos, protocolos, roteiros, e em alguns casos equações, são utilizados para avaliar aspectos

do trabalho sobre o homem. Avaliam postura, repetitividade, cargas física e mental, dor, condições ambientais, posto de trabalho, riscos musculoesqueléticos, entre outros (MÁSCULO; VIDAL, 2011; CARDOSO JUNIOR, 2006; CHIASSON, *et al.*, 2012). Esses métodos são escolhidos pelo ergonomista com base em critérios tais como demandas levantadas, validade científica, facilidade de aplicação, escola de pensamento, avaliações anteriores, teste piloto, recomendação profissional e popularidade (IIDA, 2005; seção 2.2). Destarte, este estudo considera que a subjetividade na escolha do método influencia no diagnóstico, uma vez que esses critérios são aplicados ao portfólio profissional do especialista, descartando as contribuições dos métodos não selecionados, ou daqueles que não fazem parte do portfólio base. Neste cenário, propõe-se um *framework* para avaliação ergonômica onde o especialista pode ou não escolher o método, com foco na coleta de variáveis conforme aspecto avaliado, em busca de relatórios mais amplos.

3.3.1.1 *Framework conceitual*

Segundo Shehabuddeen *et al.* (2000), um *framework* representa um propósito definido, como demonstrar uma situação ou fornecer uma base para resolver um problema, podendo propor uma abordagem estruturada de solução ou fazer comparações entre diferentes abordagens. Os *frameworks* conceituais são utilizados para representar melhorias em abordagens práticas (LIMA; LEZANA, 2005; MIGUEL, 2012), e podem apoiar o desenvolvimento de procedimentos, técnicas, métodos e ferramentas (SHEHABUDDEEN *et al.*, 2000). Neste estudo, um *framework* foi construído com o apoio da engenharia de software, a partir dos dados levantados em forma de requisitos. Como referência, utilizou-se modelos de *frameworks* propostos em estudos anteriores (BEM; COELHO, 2014; MIGUEL, 2012).

A Figura 14 retrata o *framework* especialista/método para avaliação ergonômica, propondo nova abordagem para o processo. Na atual abordagem, o especialista escolhe um ou mais métodos a partir de seu portfólio profissional para realizar a avaliação ergonômica das demandas levantadas. A partir desta escolha, inicia a coleta das variáveis associadas aos métodos, de forma manual, e posteriormente registra essas informações em planilhas eletrônicas ou softwares específicos, para cálculos e tabulações. Após a análise do resultado do (s) método (s), um laudo ergonômico é gerado com base na análise ergonômica e apoiada pelas avaliações específicas. Ao propor uma nova abordagem, o *framework* permite ao profissional manter o procedimento atual de escolha de um ou mais métodos/ferramentas, entretanto a dispensa quando permite que os métodos sejam sugeridos conforme aspecto avaliável.

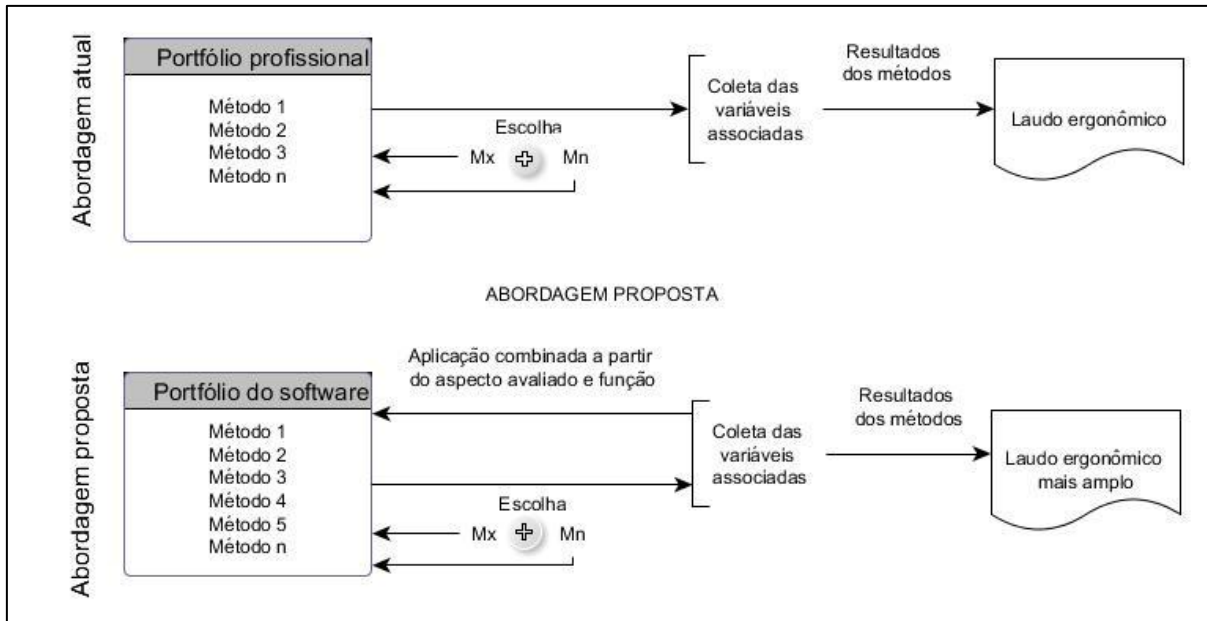


Figura 14: *Framework* de interface especialista/método para avaliação ergonômica. Elaborado pelo autor.

Nesta nova abordagem, o portfólio de referência é o portfólio do software que, constantemente atualizado, deve incorporar o maior número de métodos/ferramentas disponíveis no meio profissional e científico. Ao realizar uma avaliação, o profissional estará orientado ao aspecto avaliável e à função atual do trabalhador, podendo aplicar todos os métodos relacionados ao objetivo da avaliação disponíveis no portfólio do software, bem como os não relacionados (a critério do especialista). Esta dispensa na escolha do método não a exclui, uma vez que o profissional ainda poderá adicionar ou remover as ferramentas a aplicar dentre os sugeridos e contidos no software. Na avaliação, as variáveis são coletadas por similaridade, sem repetição, gerando por fim o resultado de todos os métodos cujas medições forem informadas. Nesta abordagem, a escolha do método e a coleta das variáveis é feita diretamente no software, funcional em dispositivos móveis e aplicável in loco, evitando o retrabalho que pode gerar erros. O laudo ergonômico resultante desta abordagem é mais amplo, pois é gerado a partir de um maior número de métodos, permitindo aos especialistas conhecer e aplicar diferentes ferramentas, ampliando seu portfólio profissional e gerando avaliações mais robustas.

3.3.2 Materiais e métodos

O levantamento de requisitos realizado na seção 2.2 fundamentou a criação do *framework* (Figura 14), cuja validação foi feita a partir do desenvolvimento de um software de interface entre especialista e métodos. A partir desses requisitos, identificou-se os métodos de avaliação ergonômica utilizados pelas empresas de ergonomia de um município do Paraná -

Brasil, embasando as escolhas para o protótipo em sua aplicação piloto. Optou-se pela avaliação da carga física, comumente avaliada pelo método NIOSH (POTVIN, 2014; LUXIMON, 2015), sendo acrescido ao protótipo os métodos JSI (CHIASSON *et al.*, 2012; APOSTOLI *et al.*, 2004), pouco usado pelos profissionais pesquisados, e *Frimat y Chamoux* (ROMERO SALDAÑA *et al.*, 2011; PANCARDO *et al.*, 2015) não praticado pela amostra.

Na primeira etapa, a avaliação da atividade foi conduzida sem a interferência do pesquisador sobre os especialistas, que optaram pelo método que julgaram mais adequado para avaliar a carga física do trabalhador. Na segunda etapa, repetiu-se a avaliação por meio da aplicação do software de avaliação ergonômica, onde as variáveis dos demais métodos foram coletadas. Na análise de resultados, comparou-se as avaliações de ambas as etapas, a fim de perceber se houve enriquecimento do diagnóstico gerado após a aplicação do *framework*. Por fim, a análise estatística ocupou-se em aferir análises sobre as medições realizadas, buscando dados complementares ao diagnóstico.

3.3.2.1 Métodos de avaliação da carga física

Tabela 3: Métodos incorporados ao protótipo para validação do *framework*.

	NIOSH	JSI - Moore and Garg	FRIMAT e CHAMOUX
Entrada	H= Distância horizontal entre pés e mãos V= Distância vertical entre chão e mãos D= Distância vertical percorrida (carga) A= Ângulo de torção do tronco F= Fator frequência de levantamento QP= Qualidade da Pega P= Massa da carga sendo levantada	FIT= Fator de intensidade do esforço FDE= Fator duração do esforço FFE= Fator frequência do esforço FPMP= Fator postura das mãos e punho FRT= Fator ritmo do trabalho FDT= Fator duração do trabalho	Idade FCR= Frequência cardíaca em repouso FCMX= Frequência cardíaca máxima FCM= Frequência Cardíaca média
Intermediárias	Constante de carga: $CC = 23Kg$ Distância horizontal entre o indivíduo: $FDH = 25 \div H$ Fator altura vertical da carga: $FAV = 1 - (0,003 \times [V - 75])$ Fator distância vertical percorrida desde a origem até o destino: $FDVP = (0,82 + 4,5 \div D)$ Fator rotação lateral do tronco: $FRLT = 1 - (0,0032 \times A)$		FC máxima teórica: $FCMXT = 220 - idade$ Incremento FC: $IFC = FCMX - FCM$ Custo Cardíaco Absoluto: $CCA = FCM - FCR$ Custo Cardíaco Relativo: $CCR = CCA / (FCMXT - FCR)$ Coeficientes de Penosidade: CP_FCM, CP_IFC, CP_FCMX, CP_CCA, CP_CCR)
Saída	LPR (Limite de Peso Recomendado): $LPR = CC \times FDH \times FAV \times FDVP \times FRLT \times FFL * FQPC$ IL= Índice de Levantamento: $IL = P \div LPR$	SI= Índice de tensão: $SI = FIT \times FDE \times FFE \times FPMP \times FRT \times FDT$	CRITERIO = CP_FCM + CP_IFC + CP_FCMX + CP_CCA + CP_CCR

FONTE: Elaborado pelo autor a partir de (WATERS *et al.*, 1994; OKIMOTO; TEIXEIRA, 2009; BAO *et al.*, 2009; GÓMEZ, 1991)

Os métodos NIOSH, JSI e *Frimat y Chamoux* foram incorporados ao *framework*, e compreendem as variáveis descritas na Tabela 3. Eles avaliam esforço físico de forma quantitativa (NIOSH), semi-quantitativa (JSI), e fisiológica (*Frimat y Chamoux*).

As medições e análises foram realizadas *in loco*, com o auxílio de técnicas de registro (imagens, vídeos e formulários). A frequência cardíaca foi monitorada por profissional de saúde por meio de pulsômetros digitais aprovados pelo INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia do Governo Brasileiro, devidamente calibrados, cujo uso considerou as recomendações práticas descritas em outros estudos (STRYKER *et al.*, 2004; KELLER *et al.*, 2011). A FCR foi obtida após período de 5 minutos de repouso antes do início da jornada.

3.3.2.2 Desenvolvimento do protótipo

A concepção do software teve início a partir do levantamento de requisitos e prototipação realizadas na seção 2.2. As características dos métodos, bem como as funcionalidades do protótipo foram formalizadas em documentos de especificação técnica. A definição das classes e atributos foi realizada por meio do diagrama de classes (Figura 15), centrado nos métodos e aspectos, embasando a projeção do banco de dados.

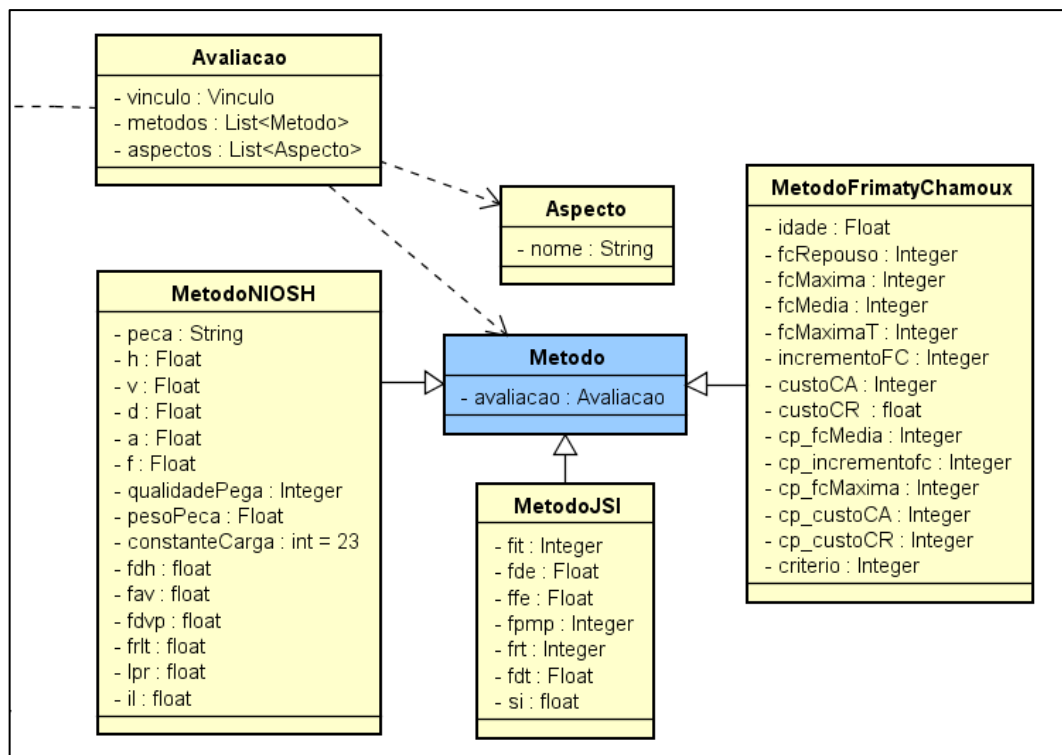


Figura 15: Diagrama de classes parcial (não aceita caracteres especiais). Elaborado pelo autor.

O software foi desenvolvido com o apoio de crud e php (tecnologias de codificação), sendo projetado em ambiente web com o apoio de servidor *localhost*. Paralelo ao processo de

desenvolvimento, foram realizados testes de funcionalidade e usabilidade do sistema, registrados em solução de *bugtracker*. Os softwares Astah, Atlassian SourceTree, Bitbucket, Xampp, Symphony, Zoho, e editores de texto deram suporte às diversas etapas do processo.

O protótipo foi desenvolvido em arquitetura web, sob os princípios de *websites* responsivos, de forma que o layout do *framework* se adapte a diversos tipos de dispositivos e navegadores (incluindo dispositivos móveis). Sua publicação online ocorrerá após comportar controle de acesso e melhorias na usabilidade do sistema (estudos futuros).

3.3.2.3 Participantes

Quatro trabalhadores (masculino, de 24 a 49 anos) que atuam no ramo da construção civil, nas atividades de servente (T1 e T3), meio oficial de pedreiro (T2) e pedreiro (T4) foram avaliados em relação à carga física de suas atividades. A avaliação foi realizada por um fisioterapeuta e um ergonomista, em uma construção.

3.3.3 Resultados

Nesta seção serão apresentados os diagnósticos gerados, em etapas de escolha (atual abordagem) e não escolha do método (aplicação do *framework*).

Na primeira etapa, os especialistas realizaram a avaliação da atividade sem a aplicação do *framework*, por meio da escolha e aplicação manual dos métodos NIOSH e JSI, cuja aplicação foi realizada para a atividade de elevação, transporte e colocação de cimento na betoneira. A partir do LPR=5,66Kg obteve-se, para ½ saca de cimento, um Índice de Levantamento (IL) igual a 3,56, indicando um risco moderado. Já para a saca inteira, o risco foi avaliado como elevado, com IL=8,84, aumentando o risco de lesões. No método JSI, conhecido pelos profissionais como *Moore and Garg* (criadores do método), obteve-se um SI=3,4 classificado como risco questionável. Com o auxílio das técnicas de observação e registro percebeu-se risco de desconforto na coluna e membros superiores devido a movimentação frequente de cargas.

Na segunda etapa, ocorreu a aplicação do software, onde o método *Frimat y Chamoux*, diferente dos escolhidos na primeira etapa, foi aplicado. O monitoramento foi precedido pelo preenchimento de uma ficha de perfil do trabalhador (GÓMEZ, 1991), onde foram registradas informações sobre alimentação, vícios, medicamentos e preparo físico. Os trabalhadores da amostra não apresentaram doenças respiratórias ou cardíacas, estavam trabalhando há mais de duas semanas na função e em jornada mínima diária de oito horas.

Com base no estudo de (MIRANDA, *et al.*, 2005), as variáveis fisiológicas por trabalhador (Tabela 4) FCR e FC ao final do período de quatro horas de trabalho foram analisadas pelo teste *t-Student* pareado, obtendo $p=0,05$. Já a análise entre FCR e as FCs no auge da jornada (10:40h) resultou em $p=0,04$. Esses *p-values* indicam que os resultados obtidos têm significância estatística, onde as diferenças encontradas representam um efeito real, não podendo ser atribuídas ao acaso (nível de significância de 5%).

Tabela 4: Valores de FC durante o período de 4 horas, e os respectivos valores de entrada para o método *Frimat y Chamoux*.

	Hora	T 1	T2	T3	T4
Período de 4 horas de trabalho	Repouso				
	07:30	60	80	79	61
	08:00	61	80	90	49
	08:30	64	79	95	74
	09:10	64	72	87	70
	09:40	69	80	92	64
	10:10	69	81	94	79
	10:40	79	92	121	80
	11:10	73	80	122	80
	11:40	71	87	111	80
	FCM	68	81	99	71
	FCMAX	79	92	122	80
	IDADE	25	38	24	49

FONTE: Elaborado pelo autor.

A evolução da frequência cardíaca de cada trabalhador ao longo do período monitorado pode ser observada na figura 16.

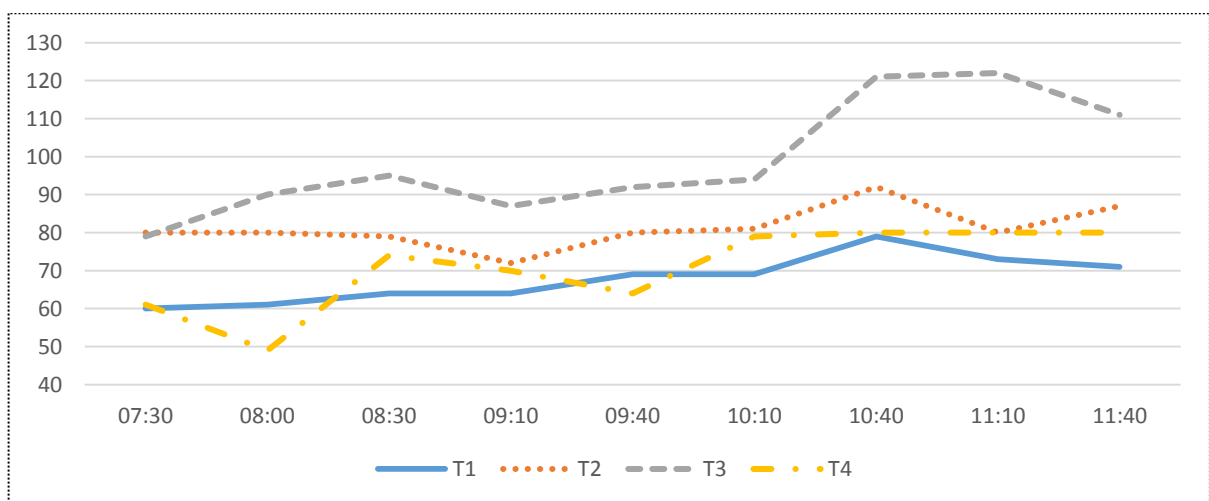


Figura 16: Evolução da FC durante 4 horas de trabalho. Elaborado pelo autor.

Os trabalhadores 1 e 2 apresentaram pouca variação nos valores de FC, com aumento significativo da frequência durante a realização das atividades de transporte de tijolos para T1,

e preparo de massa e aplicar reboco para T2. Já o trabalhador 3 apresentou FC máxima de 122 bpm enquanto realizava o transporte de tijolos, e manipulava a betoneira e a pá. O trabalhador 4 apresentou aumento de FC no início da jornada, durante a marcação do concreto com martelo para aplicação do reboco, mantendo estável sua frequência durante o período monitorado.

Durante as medições ocorreu a observação e o registro das atividades desenvolvidas pelos trabalhadores (Tabela 5), a fim de identificar a penosidade das atividades conforme a frequência cardíaca aferida.

Tabela 5: Registro de FC por hora, atividade e trabalhador envolvido na tarefa.

HORA	ATIVIDADES E PAUSAS	FC-T1	FC-T2	FC-T3	FC-T4
07:35	Betoneira	61	80		
07:40	Carrinho de mão			90	49
08:00	Reboco				49
08:26	Transporte de tijolos	64		95	
08:35	Pausa	64		87	
08:40	Separação de materiais		72		70
08:50	Ginástica laboral	64	72	87	70
09:00	Café da manhã	64	72	87	70
09:20	Transporte de tijolos	69		92	
09:20	Separação de materiais		80		64
09:20	Corte		80		64
09:25	Carrinho de mão	69			
09:27	Betoneira	69		92	
09:45	Chapisco				79
09:45	Betoneira			94	
09:45	Varrer		81		
09:50	Preparar massa no carrinho de mão		81		
10:10	Transporte de tijolos	79		121	
10:10	Chapisco				80
10:10	Reboco		92		
10:10	Pá			121	
10:20	Betoneira			121	
10:40	Chapisco				80
10:40	Reboco		80		
10:40	Transporte de tijolos	73		122	
10:40	Betoneira			122	
11:00	Betoneira		80		
11:30	Pausa	71	87	111	80

FONTE: Elaborado pelo autor.

As atividades mais penosas, segundo a média das FCs registradas na Tabela 5, foram o uso da pá (121 bpm), o manuseio da betoneira (90bpm) e o transporte, carga e descarga de tijolos (90 bpm).

Os valores de FCR, FCM, FCMX e idade do trabalhador foram alimentados no software desenvolvido, cuja avaliação foi orientada à aspecto avaliado, que incorpora os três métodos de avaliação da carga física adotados neste estudo, conforme Figura 17. Ao selecionar o aspecto avaliado, o especialista pode aplicar todos os métodos a ele associados, cuja configuração é personalizável. Ao informar a empresa avaliada, os respectivos cargos são exibidos; ao ser selecionado, indica quais funcionários ocupam o cargo na empresa informada (vínculo). As variáveis relacionadas aos aspectos selecionados são exibidas agrupadas, sem repetição (no caso de uma variável ser considerada em mais de um método), sendo informado pelo sistema os métodos que já podem ser gerados a partir das variáveis informadas.

The screenshot shows a web interface for selecting evaluation aspects. It is divided into three sections: 'Aspectos', 'Empresas', and 'Cargos'. Under 'Aspectos', 'Carga física' is checked, and three methods are selected: 'JSI', 'Frimat & Chamoux', and 'NIOSH'. Under 'Empresas', a dropdown menu shows 'Empreendimentos Imobiliários'. Under 'Cargos', 'Servente' is checked, while 'Pedreiro', 'Guincheiro', and 'Meio oficial de pedreiro' are not.

Figura 17: Tela de avaliação por aspecto avaliado. Elaborado pelo autor.

A partir da soma dos coeficientes de penosidade e dos valores de CCA e CCR, obteve-se o resultado para o método *Frimat y Chamoux* (Tabela 6).

Tabela 6: Resultado do método Frimat y Chamoux.

T	PONTOS FRIMAT	RESULTADO FRIMAT	CHAMOUX		RESULTADO CHAMOUX CCA	RESULTADO CHAMOUX CCR
			CCA	CCR		
1	2	Carga mínima	8	6%	Muito leve	Muito leve
2	2	Carga mínima	1	1%	Muito leve	Muito leve
3	13	Carga leve	20	17%	Moderada	Leve
4	2	Carga mínima	10	9%	Leve	Muito leve

FONTE: Elaborado pelo autor.

No critério Frimat, que avalia o período de 4 horas trabalhado, a carga foi avaliada como mínima para T1, T2 e T4, e leve para T3. Para o critério de Chamoux (jornada de oito horas), o CCA de T3 foi classificado como moderado e o CCR, como leve.

3.3.4 Discussão

A avaliação realizada por meio da escolha dos métodos NIOSH e JSI classificou o trabalho como moderado ($\frac{1}{2}$ saca) e elevado (saca inteira) no transporte manual de cargas, e com risco duvidoso para o índice de esforço (SI). A recomendação realizada pelos profissionais no transporte de cimento é que a saca seja transportada por dois trabalhadores, ou que a mesma seja cortada ao meio para o transporte individual. Entretanto, visando uma pretensa agilidade em seu trabalho, frequentemente o transporte da saca de 50Kg é realizado de forma individual, extrapolando a carga de 23Kg recomendada e elevando os riscos da tarefa. Esse comportamento requer a promoção de ações educativas para o trabalhador sobre os benefícios da ergonomia.

A partir da aplicação do *framework*, o método *Frimat y Chamoux* trouxe outras perspectivas à avaliação, por meio da análise de medidas fisiológicas, bem como permitiu o registro das atividades ao longo do turno. Sua aplicação contribuiu para a avaliação da carga física de um posto de trabalho e das atividades, e em outros cenários pode contribuir para a reinserção de trabalhadores afastados e para o monitoramento das intervenções ergonômicas. Os valores de pico de FC podem ser utilizados como parâmetro para definir o horário das pausas, e a identificação das atividades mais penosas pode orientar a organização do trabalho, com o objetivo de intercalar tarefas leves e penosas. Para tanto, sugere-se ampliar o período de monitoramento e utilizar-se de aferições estatísticas para identificar as tarefas igualmente penosas para os indivíduos, uma vez que a resposta fisiológica depende de fatores individuais tais como preparo físico, idade, alimentação, entre outros.

Percebe-se que, apesar de algumas atividades apresentarem, nos resultados do NIOSH e Chamoux, maior carga física, a dinâmica dos postos de trabalho da construção civil, na amostra analisada contribui para manter a carga suportável por meio da troca constante de atividade e as pausas para deslocamentos. Entretanto, essa mesma dinâmica pode resultar em jornadas mais duras de acordo com as demandas da obra e a organização diária do trabalho. Medidas de adequação da carga e a inserção de pausas nos horários de pico de FC podem controlar e reduzir esses riscos.

Por fim, é importante destacar que, apesar de alguns indicadores tais como vícios, pressão arterial, preparo físico e alimentação não serem analisados neste artigo, esses fatores podem ser incorporados à avaliação por profissional habilitado.

3.3.5 Conclusão

O *framework*, por meio do software, permitiu ao especialista utilizar métodos por ele desconhecidos, populares apenas em outros países, os quais trazem novas abordagens e indicadores à avaliação. Apesar da prática “combinar métodos” ser frequente, os métodos combinados têm origem no portfólio do profissional. O *framework* reforça a prática da combinação de métodos, agregando a possibilidade de a combinação ser feita com o maior número de métodos relacionados ao aspecto avaliado, incorporados ao software. Entretanto, a experiência, conhecimento e percepções do especialista são fundamentais e devem nortear a escolha dos métodos sugeridos pelo software, agregando qualidade e eficiência à avaliação.

O software, que aplica os conceitos do *framework*, torna acessível os métodos existentes, uma vez que os compêndios de métodos ergonômicos são parciais ou descontinuados (STANTON *et al.*, 2004), sendo necessário estar em atualização constante; características inerentes a um sistema web. Embora existam diversos softwares e *websites* que agrupam e disponibilizam métodos de avaliação ergonômica, essas ferramentas não permitem realizar uma avaliação composta por múltiplas combinações, orientadas ao aspecto avaliado.

Recomenda-se que a metodologia de aplicação dos métodos também seja incorporada ao software, conduzindo o profissional à uma aplicação rigorosa, visto que a ausência de profissionais experientes na aplicação do método gerou dúvidas quanto à documentação e metodologia, as quais foram incansavelmente investigadas em normativas, artigos científicos e em outros softwares de avaliação. Em estudos futuros, pretende-se incorporar ao software a funcionalidade “sugestão de método por função do trabalhador”, para que o software, com base nas características dos métodos incorporados, indique o grupo de métodos e aspectos recomendados para as atividades em avaliação. Pretende-se ainda aprimorá-lo e disponibilizá-lo gratuitamente à comunidade profissional, a fim de contribuir para a geração de laudos mais robustos a partir de múltiplas avaliações.

3.3.6 Referências

APOSTOLI, P. *et al.* Analisi comparata dell'applicazione di quattro metodi per la valutazione del rischio biomeccanico per l'arto superiore. *Giornale italiano di Medicina del lavoro ed*

Ergonomia, v. 26, n. 3, p. 223-241, 2004. Disponível em: <<http://www.aracneeditrice.it/aracneweb/index.php/rivista.html?col=GIMLE>>.

BAO, S. *et al.* Application of the Strain Index in multiple task jobs. *Applied Ergonomics*, 40, 2009. 56-68.

BEM, R. M.; COELHO, C. C. D. S. R. Metodologias, modelos conceituais e frameworks: uma análise da implementação da gestão do conhecimento em bibliotecas. *International Journal of Knowledge Engineering and Management*, v. 3, n. 5, p. 144-173, 2014. Disponível em: <<http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJKEM/article/viewFile/2460/3253>>.

CARDOSO JUNIOR, M. M. Ergonomic Assessment: Postural Assessment Methods Review. *Revista Produção Online*, v. 6, n. 3, p. 133-154, 2006. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/630/668>>.

CHIASSON, M.-È. *et al.* Comparing the results of eight methods used to evaluate risk factors associated with musculoskeletal disorders, 42, n. 5, 2012. 478-488.

GÓMEZ, M. D. S. NTP 295: Valoración de la carga física mediante la monitorización de la frecuencia cardíaca, 1991. Disponível em: <http://www.INSHT.es/INSHTWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_295.pdf>.

IIDA, I. *Ergonomia - Projeto e Produção*. 2th. ed. [S.l.]: Blucher, 2005.

KELLER, K. D. *et al.* Avaliação da pressão arterial e da frequência cardíaca durante imersão em repouso e caminhada. *Fisioter. Mov.*, Curitiba, 24, n. 4, 2011. 729-736. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/fm/v24n4/18.pdf>>.

LIMA, E. P. D.; LEZANA, Á. G. R. Desenvolvendo um framework para estudar a ação organizacional: das competências ao modelo organizacional. *Gestão & Produção*, v. 12, n. 2, p. 177-190, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v12n2/26087.pdf>>.

LUXIMON, A. Dynamic footwear fit model similar to NIOSH lifting equation. *Procedia Manufacturing*, v. 3, p. 3732 – 3737, 2015.

MÁSCULO, F. S.; VIDAL, M. C. *Ergonomia – Trabalho adequado e eficiente*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

MIGUEL, P. A. C. O. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MIRANDA, H. *et al.* Análise da frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto em diferentes posições corporais nos exercícios resistidos. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 11, n. 5, Set/Out 2005. 295-298.

OKIMOTO, M. L. L. R.; TEIXEIRA, E. R. Proposed procedures for measuring the lifting task variables required by the Revised NIOSH Lifting Equation – A case study. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39, n. 1, 2009. 15-22.

PANCARDO, P. *et al.* Real-Time Personalized Monitoring to Estimate Occupational Heat Stress in Ambient Assisted Working. *Sensors*, v. 15, p. 16956-16980, 2015.

POTVIN, J. R. Comparing the revised NIOSH lifting equation to the psychophysical, biomechanical and physiological criteria used in its development. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 44, p. 246-252, 2014.

ROMERO SALDAÑA, M.; ÁLVAREZ FERNÁNDEZ, C.; PRIETO BALLESTEROS, A. Evaluación de la carga física de trabajo, mediante la monitorización de la frecuencia cardíaca, en auxiliares de Enfermería de una residencia geriátrica municipal. *Enfermería del Trabajo*, v. 1, p. 193-202, 2011.

SHEHABUDDEEN, N. *et al.* Representing and approaching complex management issues: Part 1 - Role and definition. Centre for Technology Management Working Paper Series, Cambridge, v. 3, 2000. Disponible em: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1923155>.

STANTON, N. *et al.* Handbook of human factors and ergonomic methods. [S.l.]: CRC Press, 2004.

STRYKER, T.; WILSON, M.; WILSON, T. W. Accuracy of home blood pressure readings: monitors and operators. *Blood Pressure Monitoring*, 9, n. 3, 2004. 143-147. Disponible em: <http://journals.lww.com/bpmonitoring/Abstract/2004/06000/Accuracy_of_home_blood_pressure_readings__monitors.7.aspx>.

WATERS, T. R.; PUTZ-ANDERSON, V.; GARG, A. Applications manual for the revised NIOSH lifting equation, 1994. Disponible em: <<https://www.cdc.gov/NIOSH/docs/94-110/pdfs/94-110.pdf>>.

4 CONCLUSÃO DA DISSERTAÇÃO

O estudo dos métodos de avaliação ergonômica apresentou um cenário onde a dispersão e a diversidade dessas ferramentas corrobora para com a limitação dos portfólios profissionais, ficando estes vinculados às escolas do pensamento, regiões geográficas e popularidade. Esta pesquisa foi motivada pelo desejo de criar um método unificado que incorporasse as variáveis dos demais métodos, facilitando a aplicação e tornando o resultado mais robusto. Entretanto, a escassez e a defasagem de compêndios ou outras formas de organização desses métodos levaram à proposta de um *framework* de interface entre especialista e método que auxilie na escolha da ferramenta e aplicação. As consultas aos especialistas confirmaram a necessidade de uma ferramenta que integre o maior número de métodos, gere relatórios automáticos, com acesso aos dados históricos da empresa e trabalhador, e principalmente, que permita a coleta do maior número de variáveis, sem obrigatoriamente, escolher o(s) método(s). Essas necessidades, tratadas pela engenharia de requisitos, embasaram a construção de um *framework* especialista/método que propôs uma nova abordagem para a avaliação ergonômica, em complemento à atual abordagem. O *framework* foi validado por meio da aplicação do software proposto, a partir dos requisitos, e os diagnósticos foram comparados em fases de escolha e não escolha do método. O diagnóstico da segunda etapa complementou o resultado dos métodos aplicados de acordo com a abordagem atual, e ainda acrescentou outras percepções à avaliação, como inclusão de pausas nos picos de FC e a alternância de atividades leves e pesadas. O método *Frimat y Chamoux* permitiu ao especialista trabalhar com a frequência cardíaca, variável fisiológica até então não analisada por nenhuma das empresas investigadas, cujo diagnóstico permitiu que a avaliação se tornasse mais ampla, uma vez que considera mais variáveis, e mais robusta, quando confirma ou contrasta as constatações anteriores. Essas características podem contribuir para o diagnóstico e para a intervenção ergonômica, melhorando a eficiência dos sistemas produtivos por meio de avaliações mais amplas e eficazes. A aplicação do software permitiu ao especialista ampliar o seu portfólio profissional, conhecendo e aplicando um método que não conhecia, mas do qual possuía demanda. Todavia, se um profissional combinar os três métodos aplicados neste estudo sem a utilização do *framework*, obterá os mesmos resultados desta aplicação. Entretanto, a contribuição deste estudo é interfacear essa relação, permitindo o conhecimento e a aplicação de métodos antes desconhecidos (*Frimat y Chamoux*, neste estudo), e outros, à medida que diferentes métodos sejam incorporados ao software. Sendo o software, portanto, uma ferramenta de organização, tomada de decisão, e expansão do portfólio do profissional,

podendo ser constantemente atualizado, e ainda aprender com base nas configurações realizadas.

A interação universidade-ergonomistas permitiu conhecer a prática dos processos de análise ergonômica, contrastados e enriquecidos pela literatura, e proporcionar a troca de conhecimento sobre outros métodos entre ambas as partes. A sinergia entre o problema de pesquisa e as necessidades profissionais colaborou para que os resultados obtidos fossem aplicados em cenários reais, aumentando a colaboração da empresa para com a universidade, e criando expectativas para manter, expandir e aprimorar essa solução.

Em trabalhos futuros sugere-se a expansão do software, por meio da incorporação de outros métodos de avaliação ergonômica, e a realização de outros testes de validação. Essa expansão pode ser realizada por aspecto avaliado, incorporando, nas próximas fases, os métodos de um mesmo grupo (avaliação postural, carga mental, repetitividade, entre outros). Software especialista pode ser gerado a partir deste, onde as informações sobre adequação e aplicabilidade das ferramentas podem ser emitidas ao usuário de acordo com as variáveis e o contexto informado. Novas versões também podem permitir que o software aprenda conforme as configurações anteriores, auxiliando no processo decisório realizado pelo especialista na aplicação das ferramentas de avaliação ergonômica. Sua aplicabilidade é possível tanto para fins didáticos quanto profissionais.

Sugere-se ainda a vinculação deste projeto junto à um órgão de fomento, a fim de manter uma equipe de desenvolvimento e suporte, sendo o software disponibilizado gratuitamente aos especialistas em plataforma web e mobile (responsivo). Sugere-se ainda a criação de um termo de consentimento para uso do software, onde os dados (anônimos) das avaliações, armazenados em um banco de dados, estarão disponíveis para fins de pesquisa científica realizadas por esta instituição de ensino, buscando contribuir para a adaptação do trabalho ao homem.

ANEXO A - Ficha de perfil do trabalhador – Método Frimat y Chamoux

FICHA DE PERFIL DO TRABALHADOR															
DATA _____ EMPRESA _____															
POSTO DE TRABALHO _____															
NOME _____		DATA NASC _____													
CAFÉ DA MANHÃ															
Tempo transcorrido desde a finalização do café da manhã		□ □ □													
Composição do café da manhã _____															

VÍCIOS															
Cigarro															
Fuma? 1. Sim 2. Não 3. Ex-fumante □															
Se fuma ou já fumou:															
Nº de cigarros por dia.....		□ □													
Nº de charutos/cigarrilhas.....		□ □													
Horário do último cigarro.....	□ □	□ □													
Se não fuma atualmente:															
Tempo (meses) que deixou de fumar....		□ □ □ □													
Álcool															
Ingere bebidas alcoólicas? □															
1. Sim 2. Não															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>Nº/dia</th> <th>Nº/semana</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cerveja</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vinho</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Outros</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				TIPO	Nº/dia	Nº/semana	Cerveja			Vinho			Outros		
TIPO	Nº/dia	Nº/semana													
Cerveja															
Vinho															
Outros															
Se outros, especificar _____															
Horário da última ingestão alcoólica		□ □ □ □													
Medicamentos															
Toma atualmente alguma medicação? □															
1. Sim 2. Não															
Para que? _____															
Qual? _____															
Preparo físico															
Pratica algum esporte ou atividade física? □															
1. Sim 2. Não															
Em caso afirmativo, indique:															
• Tipo _____		□ □													
• Vezes na semana.....		□ □													
• Há quantos meses está praticando..	□ □ □														
“Exploração” física:															
	ANTES	DEPOIS	$IDH = \frac{P_A - P_B}{P_A} = \square$												
PESO															
TA															
Resultado ECG															
1. Exploração não realizada 2. Normal 3. Alterações															

APÊNDICE A – Questionário sobre uso dos métodos de avaliação (Artigo 1)

Pesquisa sobre uso de método de avaliação ergonômica

Este questionário é parte de uma pesquisa realizada por mestrandos e pesquisadores do programa de Engenharia de Produção e Sistemas PPGEPS, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Pato Branco.

Obrigado pelo seu tempo e disposição em colaborar com a pesquisa.

*Obrigatório

1. 1. Nome ou apelido *

.....

2. 2. Em sua atuação profissional, como você utiliza a ergonomia? *

Marque todas que se aplicam.

- Para diagnóstico
- Para laudo
- Para projetos
- Para avaliação da atividade
- Outro:

3. 3. Qual sua atuação profissional? *

Marque todas que se aplicam.

- Ergonomista
- Engenheiro de Segurança do Trabalho
- Fisioterapeuta
- Médico do Trabalho
- Pesquisador da área
- Profissional de Educação Física / Fisiologista
- Técnico de Segurança do Trabalho
- Outro:

4. Que métodos de avaliação ergonômica já utilizou?
Avalie.

4. AET

Responda somente se já utilizou o método.
 Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Insatisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito satisfeito

5. Vantagens e desvantagens do método.

6. CHECKLIST DE COUTO

Responda somente se já utilizou o método.
 Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Insatisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito satisfeito

7. Vantagens e desvantagens do método.

8. ERGO / IBV

Responda somente se já utilizou o método.
 Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Insatisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito satisfeito

9. Vantagens e desvantagens do método.

10. EWA

Responda somente se já utilizou o método.
 Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Insatisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito satisfeito

11. Vantagens e desvantagens do método.

12. FANGER

Responda somente se já utilizou o método.
 Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Insatisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito satisfeito

13. Vantagens e desvantagens do método.

14. INSHT

Responda somente se já utilizou o método.
 Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	
Insatisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito satisfeito

15. Vantagens e desvantagens do método.

16. JOB STRAIN INDEX

Responda somente se já utilizou o método.
 Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5		
Insatisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito satisfeito

17. Vantagens e desvantagens do método.

.....

.....

.....

.....

.....

18. KIM

Responda somente se já utilizou o método.
 Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5		
Insatisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito satisfeito

19. Vantagens e desvantagens do método.

.....

.....

.....

.....

.....

20. LEST

Responda somente se já utilizou o método.
 Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5		
Insatisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito satisfeito

21. Vantagens e desvantagens do método.

.....

.....

.....

.....

.....

22. LUBA

Responda somente se já utilizou o método.
 Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5		
Insatisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito satisfeito

23. Vantagens e desvantagens do método.

.....

.....

.....

.....

24. MAPFRE

Responda somente se já utilizou o método.
 Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5		
Insatisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito satisfeito

25. Vantagens e desvantagens do método.

.....

.....

.....

.....

26. NASATLX

Responda somente se já utilizou o método.
 Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5		
Insatisfeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito satisfeito

27. Vantagens e desvantagens do método.

.....

.....

.....

.....

APÊNDICE B – Questionário sobre processo e requisitos (Artigo 2)

Pesquisa sobre avaliação ergonômica

Esta pesquisa visa elencar, junto aos profissionais de ergonomia, os aspectos envolvidos no processo de avaliação ergonômica. Esses aspectos contribuirão para criar um modelo conceitual (fluxograma) do processo, e ainda, para identificar os requisitos (funcionalidades) requeridas para um framework (software) que integre os métodos de avaliação ergonômica.

Link para responder em outra aba: <http://goo.gl/forms/93p4Kwjz87>

Sua colaboração é muito importante!

***Obrigatório**

1. 1. Você é: *

(pode marcar mais de uma opção)

Marque todas que se aplicam.

- Engenheiro de Segurança do Trabalho
- Ergonomista
- Fisioterapeuta
- Médico do Trabalho
- Técnico em Segurança do Trabalho
- Outro: _____

2. 2. Descreva como você conduz o processo de avaliação ergonômica: a) Quem solicita a avaliação? b) Qual o primeiro passo? c) Como identifica as demandas? d) Como escolhe e aplica os métodos de avaliação ergonômica? e) Como elabora os laudos e acompanha os resultados? *

3. 3. Como você escolhe os métodos de avaliação ergonômica (ferramentas)? *

(pode marcar mais de uma opção)

Marque todas que se aplicam.

- São escolhidos pela empresa
- Escolho com base em minha formação profissional
- São resultado de pesquisas em busca das ferramentas mais adequadas
- Outro: _____

4. 4. Cite os métodos (ferramentas) que você utiliza (Ex: OCRA, NIOSH, NASA-TLX, AET, etc) *

5. 5. Como você aplica essas ferramentas? *

(pode marcar mais de uma opção)

Marque todas que se aplicam.

- Manualmente, com papel e caneta
- Em uma planilha do excel
- Em software específico
- Outro: _____

6. 6. Se houvesse um software que integrasse diversos métodos de avaliação ergonômica, o que você gostaria que ele ofertasse: *

(pode marcar mais de uma opção)

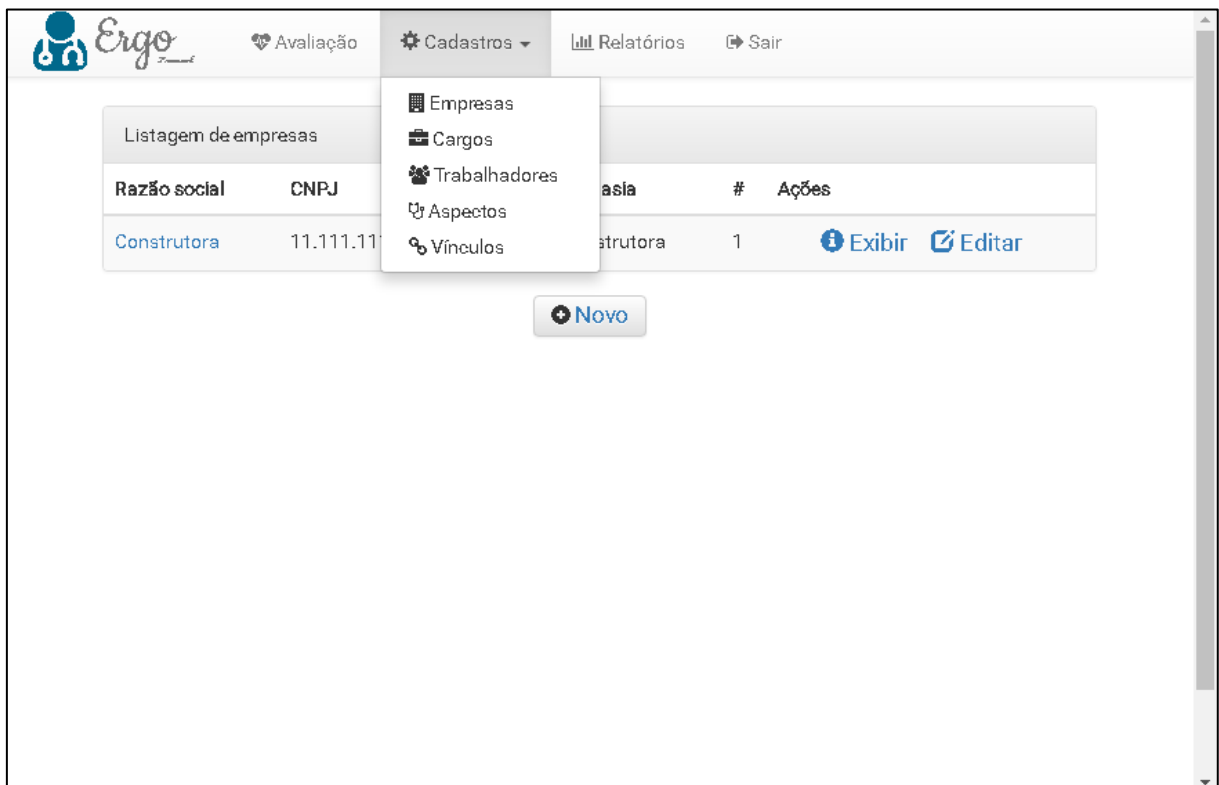
Marque todas que se aplicam.




- Possibilidade de coletar indicadores do ambiente pelo celular, e alimentar o software
- Coletar as variáveis relacionadas à avaliação, e obter o resultado de todos os métodos ergonômicos cabíveis, sem precisar escolher um método
- Configurar quais métodos devem ser considerados na avaliação ou projeto
- Gerar laudos automaticamente pelo software
- Emissão de laudos detalhados (memoriais) e laudos finais (síntese)
- Associar trabalhador avaliado ao empregador, sendo possível avaliar o perfil ergonômico da empresa
- Acesso a dados históricos do trabalhador e empresa (avaliações anteriores)
- Importar relatórios de outros equipamentos para incorporar ao laudo
- Configurar perfil de usuário: administrador (acesso a todos os projetos), ergonomista (acesso restrito aos projetos em que atua) e empresa (acesso de leitura à relatórios finais).
- Relatórios por empresa, trabalhador, função, ramo de atividade, etc.
- Permitir adicionar dados à avaliação e salvá-la como rascunho, até que esteja pronta para gerar o laudo.
- Permitir editar valores informados em avaliação já realizada (laudo revisado).
- Acesso através da web, com layout adaptado para dispositivos móveis.
- Outro: _____

7. 7. Se for necessário obter mais detalhes sobre suas respostas, como podemos entrar em contato (e-mail, telefone, mensagem)? *

8. 8. Você indica outro profissional que possa colaborar com esta pesquisa? Informe, se possível, nome e dados de contato. Obrigada!

APÊNDICE C – Telas do software desenvolvido



 Avaliação  Relatórios 

Edição

Razão social

CNPJ




Fantasia

Responsável

Cargos

- Guincheiro
- Meio oficial de pedreiro
- Pedreiro
- Servente de pedreiro

[← Voltar](#) [+ Gravar e adicionar](#) [Gravar](#)


 Avaliação  Relatórios 

Edição

Nome

Descrição


[← Voltar](#) [+ Gravar e adicionar](#) [Gravar](#)

 Avaliação Cadastros Relatórios Sair

Listagem de trabalhadores

CPF	Sexo	Data de nascimento	Nome	#	Ações
111.111.111-11	1	23/06/1991	Trabalhador 1	1	Exibir Editar
222.222.222-22	1	06/10/1977	Trabalhador 2	2	Exibir Editar
333.333.333-33	1	07/12/1991	Trabalhador 3	3	Exibir Editar
444.444.444-44	1	31/01/1967	Trabalhador 4	4	Exibir Editar

[+ Novo](#)

 Avaliação Cadastros Relatórios Sair

Edição

CPF

Sexo ...

Data de nascimento

Nome

Emails

.

...

[← Voltar](#) [+ Gravar e adicionar](#) [Gravar](#)

The screenshot shows the 'Edição' (Edit) form in the Ergo software. The form is titled 'Edição' and contains the following fields and options:





- Nome:** Carga física
- NIOSH
- Frimat e Chamoux
- JSI

At the bottom of the form, there are three buttons: 'Voltar' (Back), '+ Gravar e adicionar' (Save and add), and 'Gravar' (Save).

The screenshot shows the 'Edição' (Edit) form in the Ergo software. The form is titled 'Edição' and contains the following fields and options:

- Início:** 01/08/2016
- Final:** (empty field)
- Atualmente empregado
- Cargo:** Pedreiro
- Empresa:** Construtora
- Trabalhador:** Trabalhador 1

At the bottom of the form, there are three buttons: 'Voltar' (Back), '+ Gravar e adicionar' (Save and add), and 'Gravar' (Save).

 Avaliação  Cadastros  Relatórios  Sair

Edição

Aspectos

- Carga física JSI Flimat & Charvoux NIOSH
- Carga mental
- Repetitividade

Empresas

Construtora

Cargos

- Pedreiro
- Servente de pedreiro
- Guincheiro
- Meio oficial de pedreiro

Funcionários

- Trabalhador 1
- Trabalhador 2
- Trabalhador 3
- Trabalhador 4

Variáveis

Variáveis

Peça

H

V

D

A

F

QP

P

FIT

FDE

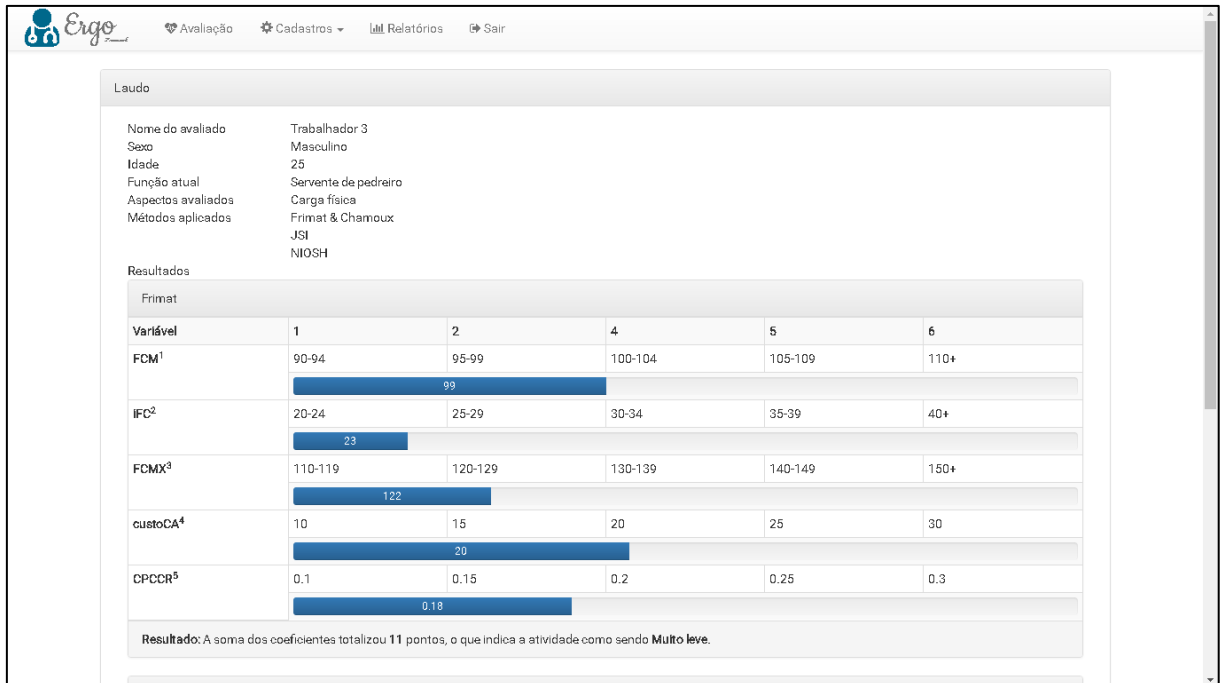
FFE	<input type="text"/>
FPMP	<input type="text"/>
FRT	<input type="text"/>
FDT	<input type="text"/>
Idade	<input type="text"/>
FCR	<input type="text"/>
FCMX	<input type="text"/>
FCM	<input type="text"/>
Observações	<input type="text"/>

[← Voltar](#) [+ Gravar e adicionar](#) [Gravar](#)

Variáveis

Com as informações coletada é possível observar os resultados do(s) método(s) [Frimat & Chamoux](#)

Peça	<input type="text"/>
H	<input type="text"/>
V	<input type="text"/>
Idade	<input type="text" value="24"/>
FCR	<input type="text" value="79"/>
FCMX	<input type="text" value="122"/>
FCM	<input type="text" value="99"/>
P	<input type="text"/>
FFE	<input type="text"/>



Chamoux	
Observando o CCA	Observando o CCR
0-9 (Muito leve)	0-9 (Muito leve)
10-19 (Leve)	10-19 (Leve)
20-29 (Muito moderada)	20-29 (Moderada)
30-39 (Moderada)	30-39 (Robusta)
40-49 (Robusta)	40-49 (Pesada)
50-59 (Pesada)	
60-69 (Intensa)	

Job Strain Index - JSI

A avaliação da tarefa totalizou 0 pontos segundo o método JSI.

NIOSH

Limite de peso recomendado

APÊNDICE D – Especificação dos métodos de avaliação ergonômica utilizados

MÉTODO FRIMAT Y CHAMOUX

Objetivo: avaliar a carga física a partir da frequência cardíaca do trabalhador

Aspecto avaliado: esforço físico, carga metabólica

Variáveis de entrada de dados:

idade;

fcRepouso (frequência cardíaca de repouso) – medida mais frequente (moda) do trabalhador durante um certo tempo de repouso;

fcMaxima (frequência cardíaca máxima) – maior valor medido;

fcMedia (frequência cardíaca média) – média feita pelo ergonomista a partir das medições realizadas.

Variáveis intermediárias:

fcMaximaT (frequência cardíaca máxima teórica) = 220 - idade

incrementoFC (incremento da frequência cardíaca) = fcMaxima - fcMedia

custoCA (custo cardíaco absoluto) = fcMedia - fcRepouso

custoCR (custo cardíaco relativo) = custoCA / (fcMaximaT – fcRepouso)

Resultado – Associa o valor de 5 variáveis à um coeficiente de penosidade:

Coeficiente de penosidade					
Variável	1	2	4	5	6
cp_fcMedia	90-94	95-99	100-104	105-109	≥110
cp_incrementofc	20-24	25-29	30-34	35-39	≥40
cp_fcMaxima	110-119	120-129	130-139	140-149	≥150
cp_custoCA	10	15	20	25	30
cp_custoCR	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30

Depois do resultado, a soma dos coeficientes resulta numa pontuação:

$$\text{critério} = \text{cp_fcMedia} + \text{cp_incrementoFC} + \text{cp_fcMaxima} + \text{cp_custoCA} + \text{cp_custoCR}$$

Resultado do critério frimat (períodos curtos de trabalho)

Pontos	Resultado frimat
25	Extremamente pesada
24	Muito pesada
22	Pesada
20	Penosa
18	Suportável
14	Leve
12	Muito leve
≤10	Carga física mínima

Resultado do critério chamoux (jornada completa, igual ou superior a 8 horas):

Resultado a partir de CCA

Pontos	Resultado
0-9	Muito leve
10-19	Leve
20-29	Moderada
30-39	Pesada
40-49	Muito pesada

Resultado a partir de CCR

Pontos	Resultado
0-9	Muito leve
10-19	Leve
20-29	Muito moderada
30-39	Moderada
40-49	Robusta
50-59	Pesada
60-69	Intensa

MÉTODO NIOSH – EQUAÇÃO DE LEVANTAMENTO DE CARGAS

Objetivo: avaliar a carga física em levantamento de cargas

Aspecto avaliado: esforço físico

Variáveis de entrada de dados:

h – Distância horizontal (cm)

v – Altura vertical da carga (cm)

d – Distância vertical percorrida (cm)

a – Ângulo de rotação lateral do tronco (graus)

f = fator frequência de levantamentos (tabela A)

qualidadePega = fator qualidade da pega (tabela B)

pesoPeca = massa da carga sendo levantada (kg)

Variáveis intermediárias:

cc = constante de carga (23 Kg)

fhd = distância horizontal entre o indivíduo (25 / h)

fav = fator altura vertical da carga: $1-(0,003x[v-75])$

fdvp = fator distância vertical percorrida desde a origem até o destino $(0,82+4,5/d)$

frlt = fator rotação lateral do tronco: $1-(0,0032 a)$

$$lpr (\text{limite peso recomendável}) = cc \times fhd \times fav \times fdvp \times frlt \times ffl \times fqpc$$

lpr é a carga máxima que um trabalhador saudável deve levantar durante a jornada de trabalho sem que haja riscos de desenvolver dor na região lombar.

$$IL = p / LPR$$

Se $IL \leq 1$, então BOM: não há riscos elevados de desenvolver dor na região lombar

Se $IL > 1$, então RUIM: pode haver riscos elevados de desenvolver dor na região lombar Tabela A:

Frequência (Vezes/Minuto):	DURAÇÃO DO TRABALHO:					
	Até 1 hora		Até 2 horas		Até 8 horas	
	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75
0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
MAIOR QUE 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela B:

<i>QP – QUALIDADE DA PEGA</i>		
<i>PEGA</i>	<i>V < 75</i>	<i>V ≥ 75</i>
<i>BOA</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>
<i>REGULAR</i>	<i>0,95</i>	<i>1,00</i>
<i>RUIM</i>	<i>0,90</i>	<i>0,90</i>

MOORE AND GARG – JSI – JOB STRAIN INDEX

Objetivo: avaliar esforço físico para verificar se há risco

Aspecto avaliado: esforço físico

Variáveis de entrada de dados:

FIT: Fator intensidade do esforço

Leve = 1

Algo pesado = 3

Pesado = 6

Muito pesado = 9

Próximo do máximo = 13

FDE: Fator duração do esforço

< 10 % ciclo = 0,5

10 a 29% do ciclo = 1

30 a 49% do ciclo = 1,5

50 a 79% do ciclo = 2

80 a 100% do ciclo = 3

FFE: Fator frequência do esforço

Menos que 4 por minuto = 0,5

4 a 8 por minuto = 1

9 a 14 por minuto = 1,5

15 a 19 por minuto = 2

20 ou mais por minuto = 3

FPMP: Fator postura da mão e punho

Muito boa = 0,5

Boa = 1

Razoável = 1,5

Ruim = 2

Muito ruim = 3

FRT: Fator ritmo de trabalho

Muito lento = 1

Lento = 1

Razoável = 1

Rápido = 1,5

Muito rápido = 2

FDT: Fator duração do trabalho

1 hora por dia ou menos = 0,25

1 a 2 horas por dia = 0,5

2 a 4 horas por dia = 0,75

4 a 8 horas por dia = 1

8 horas por dia ou mais = 1,5

Variáveis de saída:

$$SI = FIT \times FDE \times FFE \times FPMP \times FRT \times FDT$$

<i>SI <= 3</i>	<i>SEGURO</i>
<i>SI ENTRE 3 E 5</i>	<i>INCERTO</i>
<i>SI ENTRE 5 E 7</i>	<i>ALGUM RISCO</i>
<i>SI >= 7</i>	
<i>ALTO RISCO</i>	

APÊNDICE E – Requisitos funcionais v0.3

Data	Versão	Descrição	Autor
14 / 06/ 2016	0.1	Versão Inicial	Dalila
15/06/2016	0.2	Alterações/Melhorias/Inclusões	Jhonnatan
12/07/2016	0.3	Inclusões	Dalila

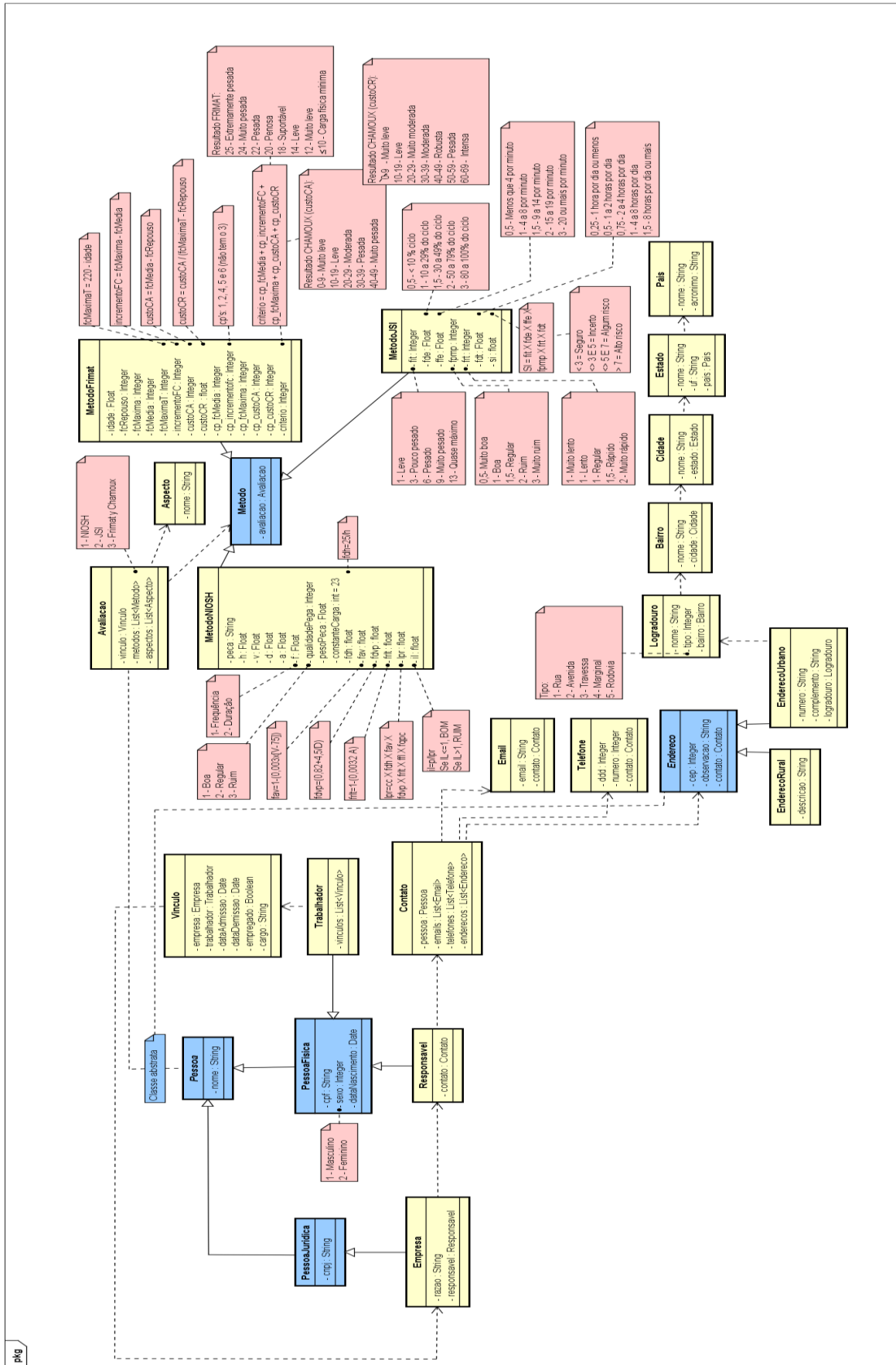
REQUISITOS FUNCIONAIS

1. **Cadastrar empresa:** O usuário acessa a tela acionando atalho(s) posicionado(s) em áreas estratégicas do sistema e realiza o cadastramento das seguintes informações:
 - a. Nome Fantasia (Campo de texto; Entidade: Empresa; **Obrigatório**);
 - b. CNPJ (Entidade: Empresa; **Obrigatório**);
 - c. Responsável: (Caixa de seleção; Entidade: Usuario);
 - d. Telefone: (Entidade: Empresa; **Obrigatório**);
 - e. E-mail: (Entidade: Empresa; **Obrigatório**);
2. **Cadastrar setor:** Estando na tela de cadastro da empresa, o usuário acessa a tela acionando atalho(s) posicionado(s) em áreas estratégicas do sistema e realiza o cadastramento dos setores:
 - a. Setor1 (Campo de texto; Entidade: Empresa; **Obrigatório**);
 - b. Setor2 (Campo de texto; Entidade: Empresa; **Obrigatório**);
 - c. SetorN (Campo de texto; Entidade: Empresa; **Obrigatório**);
3. **Cadastrar funcao:** O usuário acessa a tela acionando atalho(s) posicionado(s) em áreas estratégicas do sistema e realiza o cadastramento das seguintes informações:
 - a. Função (Campo de texto; Entidade: Empresa; **Obrigatório**);
 - b. Descrição (Campo de texto; Entidade: Empresa);
4. **Cadastrar usuário:** O usuário acessa a tela acionando atalho(s) posicionado(s) em áreas estratégicas do sistema e realiza o cadastramento das seguintes informações:
 - a. Perfil (Caixas de seleção (Administrador, Profissional, Empresa, Funcionário);
 Se perfil selecionado = Funcionario:
 - b. Nome completo (Campo de texto; Entidade: Usuario; **Obrigatório**);
 - c. CPF (Entidade: Usuario; **Obrigatório**);
 - d. Sexo (Entidade: Usuario; **Obrigatório**);
 - e. Data de nascimento (Entidade: Usuario; **Obrigatório**);
 - f. Observações (Campo de texto; Entidade: Usuario)
 Se perfil selecionado ≠ Funcionario, solicitar itens acima (b-f) e:
 - g. Login (Campo de texto; Entidade: Usuario; **Obrigatório**);
 - h. Senha (Campo de texto; Entidade: Usuario; **Obrigatório**);
 - i. Confirma senha (Campo de texto; Entidade: Usuario; **Obrigatório**);
 - j. E-mail (Campo de texto; Entidade: Usuario; **Obrigatório**)
5. **Coletar variáveis:** Esta tela pode ser acessada pela edição de uma avaliação previamente realizada (incompleta ou completa), ou acionando o atalho “Incluir avaliação” disponível em áreas estratégicas no sistema. Na tela constam as seguintes informações:
 - a. Empresa (Seleção; Entidade: Empresa; **Obrigatório**);

- b. Setor (Seleção; Entidade: Empresa) ; **Obrigatório**;
- c. Avaliado (Seleção; Entidade: Usuario);
- d. Função atual (Campo de texto; Entidade: Avaliacao; **Obrigatório**);
- e. Métodos a serem incluídos na avaliação (Seleção (Opções: “NIOSH; JSI; e Frimat y Chamoux”); Entidade: Avaliacao; **Obrigatório**)
- f. Método de origem: NIOSH ou JSI ou Frimat y Chamoux (Seleção);
- g. Aspecto avaliado (Seleção (Opções: “Esforço físico” e “Outros” (desabilitado)); Entidade: Avaliacao; **Obrigatório**): Haverá um painel de coleta das variáveis, onde as variáveis estarão distribuídas e botões de avançar e retroceder permitirão ao avaliador navegar pelas variáveis. Ao avançar para uma tela que contenha as variáveis do método JSI, o campo “*Método de origem*” mudará automaticamente para a opção JSI;
 - i. Se o método de origem for NIOSH o painel deve conter as seguintes informações:
 1. Peça levantada (Campo de texto; Entidade: Avaliacao);
 2. H: Distância horizontal entre pés e as mãos (cm) (Campo de texto; Entidade: Avaliacao);
 3. V: Distância vertical entre o chão e as mãos (cm) (Campo de texto; Entidade: Avaliacao);
 4. D: Distância vertical percorrida pela carga (cm) (Campo de texto; Entidade: Avaliacao);
 5. A: Ângulo de torção do tronco (graus) (Campo de texto; Entidade: Avaliacao);
 6. F: Fator frequência (Campo de texto; Entidade: Avaliacao);
 7. QP: Qualidade da pegada (Seleção (Opções: “Boa”, “Regular” e “Ruim”)); Entidade: Avaliacao);
 8. P: Massa da carga sendo levantada (Kg) (Campo de texto; Entidade: Avaliacao);
 9. Observações (Campo de texto; Entidade: Avaliacao).
 - ii. Se o método de origem for JSI o painel deve conter as seguintes informações:
 1. FIT: Fator de intensidade do esforço (Seleção (Opções: “Leve”, “Pouco pesado”, “Pesado”, “Muito pesado”, e “Quase máximo”)); Entidade: Avaliacao);
 2. FDE: Fator de duração do esforço (Campo de texto; Entidade: Avaliacao);
 3. FFE: Fator de frequência do esforço (Campo de texto; Entidade: Avaliacao);
 4. FPMP: Fator de postura da mão e do punho (Seleção (Opções: “Muito boa”, “Boa”, “Regular”, “Ruim”, e “Muito ruim”)); Entidade: Avaliacao);
 5. FRT: Fator do ritmo de trabalho (Seleção (Opções: “Muito lento”, “Lento”, “Regular”, “Rápido”, “Muito rápido”)); Entidade: Avaliacao);
 6. FDT: Fator de duração do trabalho (Campo de texto; Entidade: Avaliacao);
 7. Observações (Campo de texto; Entidade: Avaliacao).

- iii. Se o método de origem for Frimat y Chamoux o painel deve conter as seguintes informações:
1. Idade (Campo de texto; Entidade: Avaliacao);
 2. fcRepouso: Frequência cardíaca em repouso (Campo de texto; Entidade: Avaliacao);
 3. fcMaxima: Frequência cardíaca máxima (Campo de texto; Entidade: Avaliacao);
 4. fcMedia: Frequência cardíaca média (Campo de texto; Entidade: Avaliacao);
 5. Observações (Campo de texto; Entidade: Avaliacao).
- h. Gravar avaliação: Após a coleta das variáveis, dos métodos selecionados no cadastramento de avaliação o usuário aciona o botão para realizar a gravação dos dados. Se o usuário informou dados em todos os campos obrigatórios dos métodos a avaliação é gravada, caso contrário, o sistema deve apresentar mensagem de alerta para o fato e caso o usuário opte por prosseguir mesmo assim o sistema deve gravar a avaliação e gerar laudo parcial, caso contrário o usuário continuará na tela de coleta de variáveis onde poderá informar valores para os campos restantes;
6. **Consultar avaliações realizadas**: As avaliações receberão um número único de identificação e poderão ser consultadas por: Empresa; Funcionário; e Data de realização. As avaliações podem ser editadas e excluídas, ou podem ser utilizadas na geração de laudos;
7. **Gerar laudo**: O laudo será composto pelos dados de identificação da avaliação informados no cadastro, seguida pelo resultado dos métodos aplicados. Deverá ser gerado documento em formato PDF, onde devem constar:
- a. Nome do avaliado;
 - b. Sexo;
 - c. Idade;
 - d. Nome da empresa;
 - e. Função atual;
 - f. Aspecto avaliado;
 - g. Método origem (Repetir para todos os métodos aplicados);
 - h. Resultado do método;
 - i. Tabela de referência;
 - j. Recomendações do método;
 - k. Percepções do especialista (Informações dos campos de “Observação”).
8. **Editar avaliação**: As avaliações listadas poderão ser editadas, alterando os dados de cadastro, ou alterando/adicionando variáveis à coleta;
9. **Excluir avaliação**: As avaliações listadas poderão ser excluídas, mediante mensagem de confirmação. Não há vínculo que impeça a exclusão, ou seja, ao excluir a avaliação, também serão excluídos os laudos associados.

APÊNDICE F – Diagrama de classes



APÊNDICE G – Registro das atividades avaliadas (Artigo 3)

