

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

JHONNATAN RICARDO SEMLER

**DESENVOLVIMENTO DE *FRAMEWORK* E *SOFTWARE* PARA
AVALIAÇÃO DE CARGA MENTAL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**PATO BRANCO
2019**

JHONNATAN RICARDO SEMLER

**DESENVOLVIMENTO DE *FRAMEWORK* E *SOFTWARE* PARA
AVALIAÇÃO DE CARGA MENTAL**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas – Área de concentração: Engenharia Organizacional e do Trabalho

Orientador: Prof. Dr. Sergio Luiz Ribas Pessa

**PATO BRANCO
2019**

S472d Semler, Jhonnatan Ricardo.
Desenvolvimento de Framework e software para avaliação de carga
mental / Jhonnatan Ricardo Semler. – 2019.
109 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, 2019.
Inclui bibliografia.

1. Ergonomia. 2. Saúde mental. 3. Framework. 4. Software. I. Pessa,
Sergio Luiz 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 DE DISSERTAÇÃO Nº 59

A Dissertação de Mestrado intitulada “**Desenvolvimento de *framework* e *software* para avaliação de carga mental**”, defendida em sessão pública pelo candidato **Jhonnatan Ricardo Semler**, no dia 12 de dezembro de 2019, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, área de concentração Gestão dos Sistemas Produtivos, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Sergio Luiz Ribas Pessa - Presidente - UTFPR

Prof. Dr. Fernando José Avancini Schenatto - UTFPR

Profª Drª Lia Buarque de Macedo Guimarães - UFRGS

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Pato Branco, 17 de fevereiro de 2020.

Carimbo e assinatura do Coordenador do Programa.

DEDICATÓRIA

Aos meu amores: Rosaine e Rafael

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é resultado do convívio e influência de tantas pessoas que estão ou mesmo já passaram pela minha vida que, se opta-se por nomeá-las aqui certamente não caberiam no pequeno espaço disponível para agradecimentos, desta forma, tendo que ser breve, vou citar apenas pessoas que contribuíram diretamente para esta dissertação em específico se tornasse possível, e não à todas as pessoas que contribuíram para que eu chegasse até aqui, desta forma, se seu nome não estiver explicitamente citado em minhas palavras, saiba que ele está valiosamente gravado em minha mente e no meu coração.

Agradeço aos meus pais, seu Otávio, dona Denilde, como tenho orgulho de vocês, todo suor, lágrimas, amor e felicidade que vocês depositaram na minha criação me trouxeram até aqui, minha maninha Jhenni te amo. Meus sogros Osmar e Arziria, meus cunhados Thomas e Jhonatan, obrigado por estarem ao meu lado, essa conquista também teve a contribuição de vocês.

Aos amores da minha vida, minha esposa Rosaine e meu filho Rafael. “Morena” (Rosaine), não tenho espaço suficiente para deixar registrado o quão você é importante para mim, você me inspira e me dá forças para seguir em frente, obrigado minha linda, sem você isso não teria se tornado realidade. Rafael, meu anjinho, papai te ama, você é minha felicidade.

À mestre Dalila G. P. Laperuta, e ao bolsista Natanael Evangelista de Freitas pela contribuição no desenvolvimento do *software*.

Aos meus professores, todos, tantos, tão importantes, em especial, neste momento, ao Prof. Sergio Luiz Ribas Pessa, primeiramente por ter me aceitado como orientado, pela orientação, e inspiração, ao Prof. Paulo Junior Varela pela orientação, ajuda e parceria, à Prof. Lia Buarque de Macedo Guimarães pela valiosa ajuda e ao Prof. Fernando José Avancini Schenatto pelas contribuições das disciplinas e na elaboração desta dissertação.

Aos meus amigos e demais familiares, agradeço por serem tão importantes na minha vida.

Aos meus colegas de trabalho agradeço pela amizade, parceria e motivação.

À Deus, agradeço o dom da vida, e à possibilidade de ter tantas oportunidades e pessoas boas ao meu redor.

RESUMO

SEMLER, Jhonnatan Ricardo. **Desenvolvimento de *Framework* e *Software* para avaliação de carga mental**. 109 f., Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

A carga mental está associada com a relação entre o trabalhador e seu trabalho, onde a exigência de capacidade de desempenho pode desencadear sobrecarga de trabalho. A ergonomia apresenta instrumentos e métodos de avaliação de diversos aspectos, havendo maior complexidade em estabelecer conceitos, mensuração e avaliação da carga mental, o que eventualmente desestimula tal processo de análise. Cada instrumento de avaliação e mensuração da carga mental possui particularidades, sendo observável a maior utilização de determinados métodos por meio da observação da utilização destes em publicações científicas. O presente estudo, tem por objetivo a proposição de um *framework* de avaliação de carga mental sob a forma de ferramenta computacional permitindo a análise dos resultados gerados pela aplicação de métodos existentes, onde, por meio de uma revisão sistemática de literatura, identificou métodos de avaliação de carga mental com maior quantitativo de utilização em publicações científicas, sendo selecionados, dentre estes, os métodos que possibilitam a implementação de uma versão informatizada, e que apresentem resultados independentes da necessidade de avaliações paralelas de fatores como, por exemplo, indicadores fisiológicos. A associação de métodos de avaliação de carga mental e processos computacionais projetados a partir de *framework*, pode influenciar na aproximação entre especialistas e métodos, eventualmente desconhecidos. A revisão de literatura e os desdobramentos de sua análise apresentou o NASA-TLX como método com maior quantitativo de utilização em publicações científicas no período de 2007 a 2017, adicionalmente são apresentados dados sobre a utilização do método SWAT (Subjective Workload Assessment Technique) e estudos sobre suas variações, cuja análise culminou na seleção do método S-SWAT (*Simplified* SWAT) para integrar o portfólio de métodos implementados em forma de ferramenta computacional. A proposição do *framework* de avaliação de carga mental se deu por meio do registro e compilação da percepção e validação de requisitos e funcionalidades definidos por especialistas, sendo, resumidamente, as maiores contribuições deste: a modificação do processo de aplicação dos métodos quando comparado ao procedimento tradicional (não informatizado) de aplicação; a agilização do processo de tratamento das informações de aplicação para obtenção de resultados; e a disposição de métodos de avaliação, com maior quantitativo de registros de utilização em publicações científicas, em forma de portfólio. Como meio de realização do *framework* foi, então, analisado, desenvolvido e validado um *software* de forma a transcrever os requisitos e definidos pelos *stakeholders*. O presente estudo restringiu-se à proposição do *framework* e sua implementação como ferramenta computacional dos métodos identificados por meio dos critérios definidos e da revisão sistemática de literatura sem qualquer tipo de análise comparativa ou indicativa quanto às características, recomendações ou críticas de utilização presentes em estudos já publicados.

Palavras-chave: Ergonomia; Carga mental; *Framework*, *Software*.

ABSTRACT

SEMLER, Jhonnatan Ricardo. Framework and software development for mental workload assessment. 109 f., Dissertation - Graduate Program in Industrial and Systems Engineering, Federal University of Technology – Paraná, Brazil. Pato Branco, 2019.

The mental workload is associated with the relationship between the worker and his job, where the requirement for performance capacity can trigger work overload. Ergonomics presents instruments and methods for evaluating several aspects, with greater complexity in establishing concepts, measurement, and evaluation of mental workload, which eventually discourages such an analysis process. Each instrument of assessment and measurement of mental workload has particularities, being observable the greater use of certain methods through the observation of their use in scientific publications. The present study aims to propose a framework for assessing mental workload in the form of a computational tool allowing the analysis of the results generated by the application of existing methods, where, through a systematic literature review, identified evaluation methods of mental workload with greater quantity of use in scientific publications, being selected, among these, the methods that enable the implementation of a computerized version, and that present results independent of the need for parallel evaluations of factors such as, for example, physiological indicators. The association of methods of evaluating mental workload and computational processes designed from a framework can influence the approach between specialists and methods, possibly unknown. The literature review and the results of its analysis presented NASA-TLX as the method with the highest amount of use in scientific publications from 2007 to 2017, in addition to data on the use of the SWAT method (Subjective Workload Assessment Technique) and studies about its variations, whose analysis culminated in the selection of the S-SWAT (Simplified SWAT) method to integrate the portfolio of methods implemented in the form of a computational tool. The mental workload assessment framework was proposed through the registration and compilation of the perception and validation of requirements and functionalities defined by specialists, being, in summary, the greatest contributions of this: the modification of the process of application of the methods when compared to the procedure traditional (non-computerized) application; streamlining the process of processing application information to obtain results; and the provision of evaluation methods, with a greater number of records of use in scientific publications, in the form of a portfolio. As a means of implementing the framework, the software was then analyzed, developed and validated in order to transcribe the requirements and defined by the stakeholders. The present study was restricted to the proposal of the framework and its implementation as a computational tool of the methods identified through the defined criteria and the systematic review of the literature without any type of comparative or indicative analysis as to the characteristics, recommendations or criticisms of use present in studies already published.

Keywords: Ergonomics; Mental Workload; *Framework, Software.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fundamentação teórica	20
Figura 2 - Arquitetura Cognitiva em associação à Carga Mental.....	26
Figura 3 - Escala subjetiva de Cooper – Harper.....	30
Figura 4 – Aplicação convencional de métodos de avaliação de carga mental.....	34
Figura 5 - Procedimento Proknow-C resumido.....	40
Figura 6 - Formulário de indicação de pesos NASA-TLX.....	62
Figura 7 - Cartões de comparação de fontes de carga de trabalho	63
Figura 8 - Planilha de controle de contagem de cargas de trabalho	64
Figura 9 - Exemplo de cálculo de escore utilizando NASA-TLX.....	65
Figura 10 - Composição de cargas de trabalho.....	66
Figura 11 - Matriz tridimensional das dimensões do SWAT	69
Figura 12 - Avaliação por pares do SWAT Simplificado	71
Figura 13 - Escalas discretas SWAT Simplificado	71
Figura 14 - Framework especialista/método	74
Figura 15 - Framework Conceitual ErgoMental.....	77
Figura 16 - Diagrama de caso de uso	79
Figura 17 - Tela principal do software	83
Figura 18 - Tela de aplicação de métodos	84
Figura 19 - Definição de pesos na sub-escala do Nasa-TLX	85
Figura 20 - Avaliação dos pares no Nasa-TLX.....	85
Figura 21- Relatório e Gráfico NASA-TLX.....	87
Figura 22 - Avaliação das dimensões em pares S-SWAT.....	88
Figura 23 - Escala discreta S-SWAT.....	89
Figura 24 - Relatórios e Gráficos S-SWAT	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo das características dos conceitos relacionados à Carga Mental	22
Quadro 2 - Fatores de Carga de Trabalho.....	23
Quadro 3 - Categorias e Definições dos métodos de avaliação da Carga Mental	28
Quadro 4 - Principais medidas unidimensionais de carga mental	31
Quadro 5 - Principais medidas multidimensionais de carga mental.....	32
Quadro 6 - Softwares com foco em métodos ergonômicos existentes no mercado	36
Quadro 7 - Etapas da pesquisa.....	39
Quadro 8 - Definição de escalas do NASA-TLX.....	60
Quadro 9 - Dimensões do SWAT.....	68
Quadro 10 - Exemplo de cartão	69
Quadro 11 - Cruzamento entre fundamentação teórica, portfólio bibliográfico e discussões com atores.....	75
Quadro 12 - Caso de uso de alto-nível: Cadastrar empresa.....	79
Quadro 13 - Caso de uso de alto-nível: Cadastrar trabalhador.....	79
Quadro 14 - Caso de uso de alto-nível: Cadastrar Projeto.	80
Quadro 15 - Caso de uso de alto-nível: Aplicar Avaliação	80
Quadro 16 - Caso de uso de alto-nível: Visualizar Relatório de Avaliação	80
Quadro 17 - Caso de uso de alto-nível: Controlar Acesso	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da Análise Bibliométrica	46
Tabela 2 - Resultados da Análise de Conteúdo	50
Tabela 3 - Métodos de Avaliação de Carga Mental identificados no portfólio.....	55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 PROBLEMATIZAÇÃO	15
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo Geral	17
1.2.2 Objetivos Específicos	17
1.3 JUSTIFICATIVA	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 CONCEITOS E DEFINIÇÕES DE CARGA MENTAL NA ERGONOMIA	20
2.2 IMPORTÂNCIA DE MENSURAR A CARGA MENTAL	25
2.3 MÉTODOS E TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DA CARGA MENTAL	27
2.4 ERGONOMIA E SISTEMAS INFORMATIZADOS	33
3 MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS	38
3.1 CARACTERIZAÇÃO METODOLÓGICA DA PESQUISA	38
3.2 DESCRIÇÃO METODOLOGICA DA ETAPA 1	39
3.2.1 Primeira Fase do Processo ProKnow-C	41
3.2.1.1 Seleção de artigos Internacionais	41
3.2.1.2 Seleção de artigos Nacionais	42
3.2.2 Segunda Fase do Processo ProKnow-C	42
3.3 DESCRIÇÃO METODOLOGICA DA ETAPA 2	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1 ERGONOMIA E CARGA MENTAL	45
4.1.1 Análise Bibliométrica	45
4.1.2 Análise de conteúdo	49
4.2 <i>FRAMEWORK</i> PARA AVALIAÇÃO DE CARGA MENTAL	58
4.2.1 Técnicas de Mensuração da Carga mental selecionados	59
4.2.1.1 <i>NASA – TLX: Task Load Index</i>	59
4.2.1.2 <i>SWAT – Subjective Workload Assessment Technique</i>	67
4.2.2 <i>Framework</i> conceitual	73
4.2.3 Modelagem da ferramenta computacional	78
4.2.4 Apresentação do <i>software</i>	81
4.2.5 Descrição do <i>software</i>	82
5 CONCLUSÃO	92
REFERENCIAS	95

1 INTRODUÇÃO

Em 2000, a Associação Internacional de Ergonomia (IEA), a partir de seu Conselho Científico definiu Ergonomia como sendo “a disciplina científica que trata da compreensão das interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema”, o que significa que a Ergonomia busca associar o binômio conforto e produtividade, de maneira que o resultado seja satisfatório tanto para os trabalhadores quanto para a organização. Dentro desse contexto, a análise ergonômica busca analisar as situações de trabalho com base em métodos, técnicas, ferramentas ou normas para otimizar o sistema.

A ergonomia tem diversas vertentes e métodos de avaliação e diagnóstico do trabalho, sendo que quando estão sob observação os aspectos físicos, ou carga física do trabalho, há relativa facilidade de conceituação, mensuração e avaliação. No entanto, quando a carga mental se torna objeto de observação, há maior complexidade no estabelecimento de conceitos, mensuração e avaliação, o que acaba por desestimular o seu processo de análise (Manual do NASA-TLX, 1986). Mas com exigências cada vez maiores agregadas à informatização em larga escala das organizações, os trabalhadores podem vir a apresentar sintomas relacionados ao sofrimento psíquico que refletem em seu estado físico, na sua produção e, especialmente, na sua qualidade de vida (DIDOMENICO; NUSSBAUM, 2011; DORRIAN; BAULK; DAWSON, 2011; GUIMARÃES et al, 2011; AYAZ et al, 2012; MINAYO et al, 2011; SOUZA, et al, 2012; WIDYANTI, 2013; MEHTA; AGNEW, 2014; ABDELRAHMAN et al, 2016). Para Costa (2006), a relação entre as exigências do meio organizacional e a capacidade de enfrentamento de tais exigências por parte do trabalhador pode ser chamada de Carga Mental. Observa-se que a carga mental está associada ao desempenho do trabalhador em relação ao seu trabalho, onde, quando o trabalho exige demais da capacidade de desempenho, pode ser desencadeado um processo denominado sobrecarga de trabalho. Como resultado inverso, quando o trabalhador tem suas capacidades subutilizadas, é possível identificar sofrimento ou desconforto, devido “subcarga mental”. Tais situações evidenciam a importância de considerar e realizar avaliações dos níveis de carga mental gerados pelo trabalho como forma de proporcionar e garantir qualidade de vida ao trabalhador além de proporcionar maiores níveis de produção.

A Carga Mental, para Ferreira e Ferreira (2014) e Balducci, Avanzi e Fraccaroli (2016) é um conceito utilizado para que o trabalhador possa se referir às tensões que foram induzidas pelas exigências do trabalho mental, como, por exemplo, a memorização, a procura por

soluções e o processamento de informações de forma a produzir conhecimento. Além disso, a carga mental está implícita em tarefas que implicam em processos cognitivos e afetivos, que acabam por requerer intensidade e esforço mental necessários ao bom desempenho do profissional no seu ambiente de trabalho.

A carga de trabalho mental pode ser entendida como um reflexo da tensão mental que, por sua vez, é resultado da realização de uma tarefa, dentro de determinado ambiente e em condições operacionais específicas, em conjunto com a capacidade do trabalhador em responder as demandas apresentadas, sendo a mensuração do custo mental da execução das atividades importante para entender o desempenho do operador e do sistema (DINIZ, 2003; CAIN, 2007; BALFE, SHARPLES; WILSON, 2015; BERG, 2015). Ainda, a avaliação da carga de trabalho mental busca níveis mais altos de satisfação, eficiência, conforto e segurança, sendo ponto crucial no desenvolvimento, por exemplo, da interface homem-máquina (GUIMARÃES, 1999; RUBIO; MARTÍN. PUENTE, 2004). Sendo assim, o estudo dos métodos de avaliação de carga mental, sua aplicação e características podem ser considerados importantes para a ergonomia, e vem sendo observável, há algum tempo, em países como França, Inglaterra e EUA, que estes auxiliam na formação e implementação de políticas organizacionais visando a saúde e segurança do trabalhador, no controle dos níveis de cargas de trabalho (mental e física) e na prevenção de erros e acidentes em sistemas operacionais complexos (DIDOMENICO, A.; NUSSBAUM, M. A. 2011; BROEKHOVEN, 2016).

Segundo Moray (1986), há diferentes métodos para avaliar a carga mental, que são divididos em três categorias:

- Subjetivos: Há diferenciações entre os métodos, mas caracterizam-se pela dependência do entendimento e interpretação das respostas dos participantes;
- Comportamentais: Variam de acordo com o grau da tarefa secundária estabelecida, onde, basicamente, a carga mental é mensurada a partir de dificuldades encontradas na execução da tarefa secundária.
- Fisiológico: Empregam diferentes equipamentos e técnicas, e normalmente utilizados como apoio a métodos subjetivos e comportamentais.

Cada instrumento de avaliação e mensuração da carga mental possui particularidades, sendo comprovada a maior utilização de determinados métodos, resumidamente, devido à maior aceitação destes pela comunidade acadêmica ou profissional, além de preferências de utilização devido às características de seus laudos avaliativos (LAPERUTA, et al, 2018). Considerando – se o já exposto, percebe-se que as mudanças nas relações entre o ser humano e o trabalho trazem de maneira crescente a necessidade de avaliação mental, esta pesquisa

vislumbrou, nesta lacuna, uma oportunidade de possibilitar maior familiaridade e popularização de diferentes métodos de avaliação de carga mental por meio da proposição de um *framework*, posteriormente implementado em forma de *software*, para que especialistas e profissionais possam realizar análises ergonômicas que considerem a carga mental.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

A ergonomia tem como objetivo principal recuperar o sentido do trabalho, gerar conhecimento de forma a impedir a alienação do trabalhador, e valorizar o trabalho como ação humana, sendo que a realidade do ambiente de trabalho, seja físico ou social, acabam por exercer influência sobre a saúde do trabalhador, devido às exigências de energia física, mental, afetiva e emocional, que muitas vezes culminam em desgastes e custos ao trabalhador, resultantes do processo designado de carga de trabalho (MORAES; MONT'ALVÃO, 1998; ZARE et al, 2016).

Ainda, independente da atividade laboral, o trabalho contempla três aspectos, sendo estes: físico, cognitivo, e o psíquico, cada um deles caracterizando-se como determinante em relação ao processo de sobrecarga e mantendo correlação entre si. Na dimensão psíquica, os agravos da saúde do trabalhador podem originar o sofrimento e fadiga física, alterações no ritmo de trabalho e qualidade do sono, e sobrecarga cognitiva (WISNER, 1994; WIDYANTI, LARUTAMA; 2016; WILSON et al, 2017). Esses aspectos, segundo Velázquez, Lozano e Escalante (1995), estão correlacionados, e podem influenciar na carga física, devido ao esforço muscular, na carga cognitiva, devido ao esforço mental, e na carga psíquica, devido ao componente afetivo relacionado à tarefa.

A exigência mental pode ser observada em qualquer processo de experiência e comportamento humano, sendo que o termo remete à cognição, informação e processos emocionais da existência humana, abrangendo desde aspectos de atenção, concentração, memória, percepção e tomada de decisão (relacionados à cognição), até o afeto, sentimentos e motivação para com o trabalho (relacionados à emoção). O termo “mental” é utilizado devido à inter-relação entre os aspectos, os quais podem, eventualmente, ser tratados de maneira separada.

Segundo Leplat e Cuny (1983), é necessário compreender que a carga mental está carregada pela forma subjetiva que cada indivíduo trata as exigências estabelecidas pelo trabalho, suas obrigações e constrangimentos a que está exposto durante a atividade laboral, estabelecendo então que a carga mental é consequente das execuções das tarefas do trabalhador

e da complexidade do ambiente de trabalho. Assim, a carga mental não é apenas resultante do trabalho, mas sim, composta por fatores extrínsecos à tarefa, como: individuais, socioculturais e ambientais.

A norma ISO 10075 traz os termos e definições gerais relacionados à carga mental de trabalho, apesar de não trazer uma definição para carga mental. Entretanto, a ISO 10075 diz que o termo “mental” é utilizado para ocorrência de qualquer processo de experiência e comportamento humano, referindo-se ao cognitivo, informacional e a processos emocionais da existência humana (ISO 10075, 1991).

Diversos autores (LAURELL E NORIEGA, 1989; DEJOURS, 1993; FACCHINI, 1994; WISNER, 1997; MOURA, 1998; TESI, AIELLO, GIANNETTI, 2018) trazem definições para Carga Mental de Trabalho, sendo o conceito estabelecido por Moray (1988) adotado para este estudo, onde: a carga mental a que o trabalhador é submetido é uma função complexa e pessoal que envolve características da tarefa, do esforço investido para sua realização além de fatores externos ao trabalho, como sua motivação e fatores idiossincráticos. A opção pela adoção desse conceito se motiva por ser interessante quando o foco é voltado à mensuração da carga mental de trabalho. Este estudo adota um conceito e uma definição de “mental” compatíveis com os métodos ergonômicos de avaliação de carga mental e aos processos que possibilitam a sua quantificação.

Em um primeiro momento, então, é verificado o referencial bibliográfico referente ao conceito de carga mental, como forma de esclarecer suas definições e características. Assim, é necessária uma revisão bibliográfica de forma a explicitar definições e conceitos propostos por autores.

Com base nos resultados obtidos a partir da pesquisa realizada por Laperuta (2016), levantam-se questionamentos relacionados aos métodos de avaliação de carga mental elencados na literatura: Esses métodos podem ser agregados em um *framework* que facilite sua aplicação? Há possibilidade de implementação computacional? É viável, além da proposição do *framework*, a sua disponibilização em forma de ferramenta computacional (*software*) para avaliação ergonômica de carga mental?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Propor um *framework* de avaliação de carga mental sob a forma de ferramenta computacional permitindo a análise dos resultados gerados pela aplicação de métodos existentes.

1.2.2 Objetivos Específicos

(1) construir, a partir de um processo estruturado, um referencial teórico sobre a ergonomia e os métodos de avaliação de carga mental de forma a identificar os métodos de avaliação da carga mental de ampla utilização por meio de revisão da literatura;

(2) identificar as características (variáveis e escalas) dos métodos de avaliação de carga mental resultantes da revisão e selecionar, por meio de análise das características, métodos de avaliação de carga mental para compor o *framework* de avaliação ergonômica;

(3) criar uma proposta de *framework* de avaliação de carga mental baseado em múltiplos métodos de avaliação;

(4) modelar, validar e desenvolver um *software* para avaliação de carga mental baseado no *framework* proposto.

1.3 JUSTIFICATIVA

Todo trabalho tem certa quantidade de esforço mental atribuído, porém, analisando-se o cenário onde a automação de tarefas e processos e a introdução e presença da informática, é evidente a necessidade, por parte do trabalhador, da elaboração de mapas mentais para a efetiva realização do trabalho. Assim, na contramão de eventual alívio na execução de esforços físicos, há o aumento considerável da exigência cognitiva.

Quanto ao Método Ergonômico clássico, há etapas que precisam ser respeitadas, sendo: análise da demanda; análise da tarefa; análise da atividade; síntese; diagnóstico; e recomendações. Trata-se então de um processo investigativo, de caráter antropológico, que geralmente é caracterizado por um tempo de meses para completa realização das etapas em sua ordem, a partir da inserção do ergonomista no local de análise. Como é possível, então, o ergonomista avaliar o trabalho mental?

Considerando que toda avaliação tem certa dose de subjetividade, como concluir que o trabalho mental executado é excessivo ou não? Quais os padrões que devem ser utilizados? Quais são os métodos que auxiliam os ergonomistas nos seus processos investigatórios? Como otimizar o tempo, de forma que os resultados gerados através do processo investigatório sejam eficientes na produção de estratégias de enfrentamento das cargas mentais excessivas?

Com o aumento da velocidade das mudanças nas situações de trabalho, é fundamental que os profissionais da área de Saúde e Segurança do Trabalho possam dispor de métodos confiáveis de forma a avaliar as mudanças e, em tempo hábil, implementar estratégias confiáveis e eficientes para tratamento e prevenção.

Quando são utilizados métodos alinhados ao conceito de carga mental, é possível obter avaliações do impacto produzidos por alterações tanto no ambiente como no processo de produção, obtendo diagnósticos que permitem avaliar eventual aumento ou redução da carga mental. Assim sendo, há meios para realizar coletas de informações em campo e a associá-las aos modelos teóricos da ergonomia cognitiva de forma a obter diagnósticos, propiciando artefatos para as análises relacionadas ao trabalho mental, permitindo avaliações precisas quanto a impactos ocasionados por alterações na organização ou nos processos de trabalho.

Quando há associação entre os métodos de avaliação de carga mental e processos computacionais desenhados a partir de *frameworks*, de forma a aproximar o especialista e o método, é possível obter maior eficiência e eficácia na aplicação e avaliação, possibilitando a redução de custos, além de tornar a avaliação ergonômica acessível a todas as empresas. Com isso, é possível conhecer os fatores intervenientes na Carga Mental, permitindo o

estabelecimento de estratégias (de interferência nos processos e sistemas de trabalho até a atuação preventiva) que reduzam as ocorrências de sobrecarga ou subcarga.

Entende-se que o acesso ao repertório de métodos de avaliação da Carga Mental pode, além de auxiliar as intervenções ergonômicas, propiciar a sistematização dos conhecimentos sobre as variáveis organizacionais que acabam interferindo nos níveis de Carga Mental dos trabalhadores. Além do que, quando o acesso aos instrumentos de avaliação de Carga Mental é facilitado, se torna possível o acompanhamento mais consistente das intervenções ergonômicas.

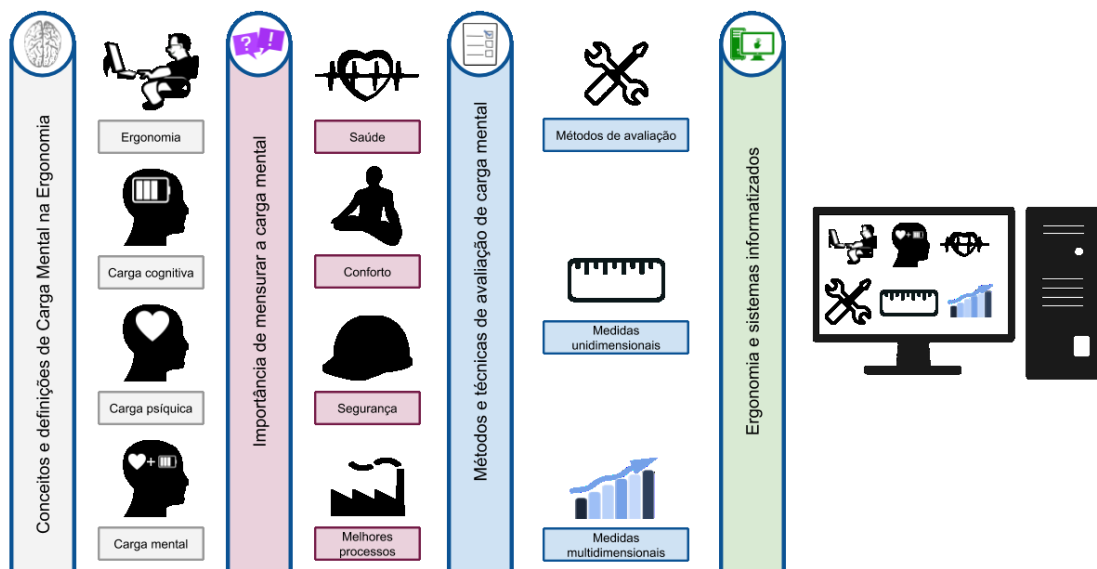
Desta forma, este trabalho pretende contribuir com uma revisão sistemática da literatura com foco em métodos de mensuração de carga mental, sendo apresentadas características dos métodos com maior número de ocorrências em artigos científicos entre os anos de 2008 e 2018. Além da análise dos métodos, o presente estudo identifica os métodos de maior utilização, em publicações científicas no período citado, em forma de um *framework* e os disponibiliza como ferramenta computacional, possibilitando a geração de uma base de dados sistematizada e emissão de relatórios que possibilitem acompanhamento, avaliação e planejamento de ações, havendo também a possibilidade de utilização da base de dados gerada como instrumento de apoio para futuras pesquisas. A contribuição social trata-se da disponibilização da ferramenta computacional para uso de forma gratuita a profissionais e pesquisadores, facilitando o acesso aos métodos mais utilizados em publicações científicas, agindo também na transferência de conhecimentos relacionados à forma de aplicação dos métodos aos utilizadores do *software*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, são detalhados os temas e assuntos necessários ao entendimento dessa dissertação, houve a abordagem de conceitos e definições da carga mental dentro da ergonomia, sua importância como vertente da ergonomia como forma complementar das avaliações do trabalho.

A fim de representar graficamente a organização deste capítulo, foi elaborada a Figura 1, a qual ilustra resumidamente os tópicos e assuntos abordados.

Figura 1 - Fundamentação teórica



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

2.1 CONCEITOS E DEFINIÇÕES DE CARGA MENTAL NA ERGONOMIA

O termo ergonomia é composto por duas palavras gregas; *ergon* (trabalho) e *nomos* (normas, leis, regras) e este aplica-se ao estudo da adaptação do trabalho às características do indivíduo, de modo a propiciar o máximo conforto, segurança e o melhor desempenho nas suas atividades de trabalho.

A Associação Internacional de Ergonomia (IEA) define ergonomia (ou fatores humanos) como:

a disciplina científica voltada ao entendimento das interações entre humanos e outros elementos de um sistema, e a profissão que aplica teoria, princípios, dados e métodos ao projeto objetivando a otimização do bem-estar humano e desempenho geral do sistema (IEA,2016)

Nos Estados Unidos, usa-se a expressão *human factors*, como sinônimo de ergonomia, o que mostra que a ergonomia se concentra no estudo das relações entre o ser humano e seu trabalho de forma a transformá-la em uma relação benéfica (DUL, 2004; GUIMARÃES, 2011; BUTMEE; LANSDOWN, 2017).

A ergonomia, de acordo com Wisner (1987) e Ceballos Vásquez (2014), é dividida em duas áreas principais: Ergonomia do Produto e Ergonomia de Produção, sendo que dessas áreas decorrem as modalidades de intervenção ergonômica; ergonomia de correção; ergonomia de concepção; e ergonomia da mudança. O presente estudo tem foco na ergonomia de correção que, para Guimarães, Pessa e Biguelini (2012 e Pereira (2018), é a que procura identificar os problemas relacionados à segurança e conforto dos trabalhadores ou na insuficiência da produção, ocasionados por fatores como, por exemplo, o trabalho em turnos da noite, que propiciam fadiga, privação do sono, doenças, problemas familiares e sociais.

Para Laville (1977), Ceballos-Vásquez (2015) e Darvishi (2016), a aplicação ergonômica tem início quando o empresário ou gestor, seja por cumprimento da legislação (NR17¹), por demanda interna ou auditoria, solicita uma análise ergonômica da empresa. É realiza a análise ergonômica do trabalho por um profissional da área, que envolve a análise ergonômica do problema, onde, após a identificação das demandas, é formulado um diagnóstico para que, com auxílio dos métodos de estudos sistemáticos, seja possível averiguar a necessidade e possibilidades de intervenção.

Em Pessa (2010), são destacadas as ações da ergonomia com objetivo de projetar o trabalho entendendo as limitações, de ordem física ou cognitiva, do ser humano, de forma a reduzir ou eliminar a fadiga, erros e acidentes que influenciam diretamente no absenteísmo, rotatividade e baixa produtividade.

A criação de locais de trabalho ou adaptação de ambientes de trabalho já existentes devem levar em conta o perfil do trabalhador, sendo os estudos ergonômicos essenciais no direcionamento de decisões que impactam nos resultados, onde tais estudos devem considerar,

¹ NR17: Norma brasileira regulamentadora da ergonomia.

além de aspectos relacionados ao esforço físico do trabalhador, todos os fatores que influenciam seu desempenho e comportamento (CLEIN, TONELLO, PESSA; 2014; DIAS et al, 2018).

Dentre os diversos métodos em ergonomia, tem-se a possibilidade de avaliação da Carga Mental, sendo passível de confusão a diferenciação entre Carga Psíquica, Cognitiva e Mental.

Para Wisner (1987), a carga de trabalho é dividida em Física, Psíquica e Cognitiva, onde a Carga Psíquica ou *Mental Workload*, está relacionada à interação, em termos afetivos, entre o trabalhador e seu trabalho, ou seja, o significado que o trabalho assume e da economia psíquica que adquire, enquanto, a Carga Cognitiva refere-se à interação do trabalhador com uma tarefa ou equipamento dentro da economia cognitiva (RASSMUSSEN, 1986; DE WAARD; LEWIS-EVANS, 2014). Então, é importante que fique claro a definição de Carga Mental (*Mental Workload*), levando-se em consideração que este estudo adota a definição de “mental” estabelecida pela norma ISO 10075.

A partir do Quadro 1, é possível observar que a Carga Mental acena à Carga de Trabalho associada aos aspectos psíquicos e cognitivos do Trabalho, ou seja, tem por objetivo avaliar as variáveis associadas aos aspectos afetivos do trabalhador para seu trabalho, além de outros aspectos cognitivos e psíquicos que estão implícitos no desenvolvimento de suas tarefas e da plenitude do desenvolvimento de seu trabalho.

Quadro 1 - Resumo das características dos conceitos relacionados à Carga Mental

Conceito	Características
Carga Cognitiva ou Informacional	Trata das cargas provenientes das exigências cognitivas para desenvolvimento das tarefas como o uso da memória, decisões, raciocínio, regras relacionadas ao desempenho da tarefa, entre outros.
Carga Psíquica	Relaciona-se às cargas de fator afetivo no trabalho ou ao significado do trabalho para o seu executor
Carga Mental	União entre aspectos psíquicos e cognitivos que se integram aos conceitos anteriores

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

O conceito de Carga Mental teve origem na noção de carga de trabalho entendida, de maneira genérica, como um campo de interação entre a capacidade de realização do ser humano e as exigências do trabalho. Ainda, o termo tem origem na Psicologia do Trabalho sendo proposto por Leplat e Cuny (1983), retomado, posteriormente, pela ergonomia francesa, o “*human factors*” norte americano e difundido através da Psicopatologia do Trabalho e da Saúde do Trabalhador.

Para Welford (1977), há facilidade na definição do conceito de carga mental de trabalho quando se faz uma analogia com a carga de trabalho e os esforços musculares, sendo que o autor cita dois exemplos: no primeiro, o indivíduo se esforça ao máximo sobre uma carga pré-estabelecida; e no segundo mensura-se a quantidade de trabalho que foi executada dentro de um período de tempo, determinando a taxa de trabalho muscular (EDWARDS, 2017). Em ambos os casos, as cargas estão estreitamente relacionadas às interações das exigências e da capacidade do indivíduo, assim, a sua performance está limitada pelas exigências, ou o trabalhador vence as taxas ou não; a carga mental, então, funciona de forma análoga a situação apresentada.

Segundo Guéland et al (1975), a carga mental deriva da carga de trabalho e não está associada apenas aos fatores inerentes à tarefa ou atividade, mas pode sofrer influências de fatores externos como: cultura, fatores socioeconômicos, capacidade intelectual, psicomotora, formação profissional, experiências anteriores e fatores ambientais (calor, luminosidade, ruído, etc.), conforme demonstrado no Quadro 2. Para tanto, a carga mental depende tanto das exigências do trabalho como da capacidade do trabalhador em desempenhar suas funções, sendo que, para os autores, essa é a principal razão pela qual os estudiosos de ergonomia e os ergonomistas precisam investigar o trabalho levando em consideração todo e qualquer aspecto que possa interferir na carga de trabalho.

Quadro 2 - Fatores de Carga de Trabalho

Ambiente Físico	Carga Física	Carga Mental	Carga Psíquica	Horário
Ruído	Deslocamentos	Constrangimento	Consideração ou empatia dos colegas	Duração
Temperatura	Manutenção	Complexidade Rapidez	Iniciativa	Estrutura
Iluminação	Esforços Postura de Trabalho Postura de Repouso	Atenção	Comunicação	
Vibração		Minúcia		

Fonte: Guéland et al (1975)

O Quadro 2 demonstra diversos aspectos que constituem a carga de trabalho sendo a carga mental derivada da carga de trabalho. A carga mental também é permeada por diferentes conceitos e definições comumente utilizados, e essa síntese possibilita maior compreensão

sobre as cargas que envolvem o desgaste mental no trabalho, além disso, apresenta-se as descrições associadas a esses conceitos encontrada na literatura.

As cargas psíquicas derivam de elementos do processo de trabalho que podem gerar estresse e, como se relacionam com todos os elementos do processo de trabalho, estão envolvidas com as demais cargas de trabalho (FACCHINI, 1994; FINCANNON; AHLSTROM, 2016). Especificamente, são cargas relativas à organização da jornada de trabalho, à periculosidade, situações de emergência, ao grau de responsabilidade, ao ritmo de trabalho, à pressão, ao grau de atenção e de mobilidade, possibilidade de conversas entre colegas, tomada de iniciativa e decisão, condução e conteúdo de supervisão, monotonia e repetitividade (GRECO, 1996; FORSYTH et al, 2018).

As cargas psíquicas têm o mesmo caráter que as fisiológicas, na medida em que adquirem materialidade através da corporeidade humana. As cargas psíquicas, pensadas, sobretudo em função de suas manifestações somáticas e não tanto psicodinâmicas, podem provisoriamente ser agrupadas em dois grandes grupos: um abrangendo tudo aquilo que provoca uma sobrecarga psíquica, ou seja, situações de tensão prolongada; e outro que se refere à subcarga psíquica, ou seja, a impossibilidade de desenvolver e fazer uso da capacidade psíquica. Exemplos das primeiras características do processo de trabalho capitalista podem ser a tensão permanente, a supervisão com pressão, a consciência da periculosidade do trabalho, os altos ritmos de trabalho, etc. Pertence ao segundo grupo de questões a perda do controle sobre o trabalho ao estar o trabalhador subordinado ao movimento da máquina; a desqualificação do trabalho, resultado da separação entre a sua concepção e execução; a parcialização do trabalho, que redundava em monotonia e repetitividade etc. (LAURELL e NORIEGA, 1989, p.112).

Além disso, Dejours (1993) e Wisner (1994) colocam que a carga psíquica é resultado dos conflitos da representação consciente e inconsciente das relações entre o desejo do trabalhador e à injunção do empregador dentro da organização de trabalho, onde o sofrimento, a fadiga física, a privação de sono e a sobrecarga cognitiva podem trazer distúrbios afetivos. Observa-se, então, que esses autores convergem quanto à origem da carga psíquica de trabalho: a organização do trabalho.

Quanto a carga cognitiva, Velázquez et al (1995) propõem que o trabalho cognitivo advém dos mecanismos mentais de decisão e tratamento da informação, onde a demanda por mecanismos superiores como atenção, pensamento e memorização, levando muitas vezes a uma sobrecarga, quando há o uso excessivo desses mecanismos, ou a subcarga, quando o trabalho executado é monótono e repetitivo subestimando a capacidade do trabalho, sendo que em ambos os casos pode-se desencadear um processo de sofrimento e desgaste do trabalhador.

Para Motmollin (1995, p 43)

A carga mental é sempre considerada uma quantidade contínua e homogênea, portanto é importante medir a evolução a fim de determinar um limite de sobrecarga. Mesmo admitindo-se essa concepção linear e aditiva da carga, ela apresenta o perigo de subestimar o interesse do que se passa antes da sobrecarga. Com efeito, a imprecisão e arbitrariedade da medida do limite bem como não levar em conta a duração levam ao risco de negligenciar a fadiga cumulativa real.

A partir disso, é possível observar que a carga mental é melhor explorada e analisada quando levada em consideração a realidade de trabalho em que o trabalhador está inserido, ou seja, quando são consideradas as peculiaridades da organização. Por isso, não se pode limitar o conceito apenas quantitativamente para acessar a carga mental, é preciso investigar a subjetividade de cada trabalhador, seu sentimento subjetivo de ser excluído, de incapacidade, enfim, sentimentos explicitamente emotivos que estejam associados à fadiga mental relacionada às suas tarefas e/ou trabalho.

Tal perspectiva, tendo como base os conceitos e definições expostos sobre carga cognitiva e psíquica, reforça que quando se trata de aspectos mentais do trabalho, aspectos cognitivos e psíquicos estão implícitos. Sendo assim, é recomendado que, além de quantificar, qualificar os resultados a partir da investigação dos aspectos da carga mental presentes na realidade do trabalhador.

É possível observar que, quanto a conceitos e definições, em se tratando de Carga Mental, não há unanimidade no contexto atual da ergonomia. No entanto, Moray (1986) coloca que é possível construir uma teoria unificada de Carga de Trabalho que proporcione maior clareza na definição de carga mental, viabilizando análise de seus componentes, bem como prever seu comportamento. Além disso, quando é feita a opção de centralizar métodos e ferramentas ergonômicas físicas e mentais, é possível proporcionar, aos estudiosos da área e ergonomistas, diagnósticos amplos e completos que busquem, justamente, a visão do todo do trabalhador, proporcionando a implementação de ações de prevenção alinhadas às particularidades do ambiente e dos trabalhadores.

2.2 IMPORTÂNCIA DE MENSURAR A CARGA MENTAL

O estudo da atividade do trabalho é o meio de realização, tanto teórica como metodológica, da Ergonomia como ciência e tecnologia, sendo um processo que abrange a realização do indivíduo no trabalho, a partir das condições de trabalho, meios de produção e os seus resultados (SELIGMANN-SILVA, 1994; ZARE et al, 2016; HALLBECK et al, 2017).

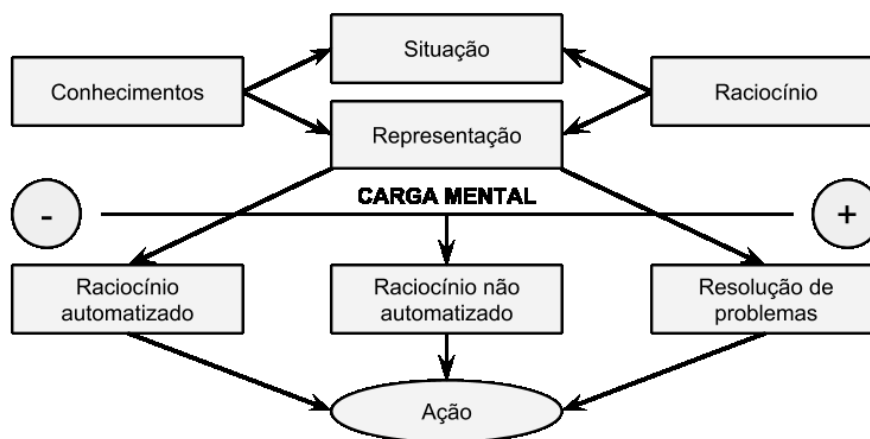
Quando a situação de trabalho é objeto de observação, é importante salientar que há um conjunto complexo para estudo, que inclui condições físicas, químicas e biológicas, aspectos técnicos, organização e gestão das atividades, comunicação e relações interpessoais. Assim, o diagnóstico da situação a partir da ergonomia, para ser completo, deve abranger não somente as questões físicas e fisiológicas, mas abordar aspectos da carga mental, refletindo a necessidade de aperfeiçoamento dos processos de conhecimento de forma a promover o conforto, segurança e saúde do trabalhador.

Com o atual crescimento do desenvolvimento tecnológico, a Ergonomia Cognitiva ganha espaço e importância, sendo importante levá-la em consideração, de forma a contextualizar os estudos de carga mental na ergonomia.

Na ergonomia cognitiva, há a utilização da Arquitetura Cognitiva, a qual trata da descrição dos diferentes elementos que constituem o sistema cognitivo e as suas relações, ou seja, é uma arquitetura funcional em que, por um lado, não se conhecem as estruturas neuro anatômicas, e por outro, não há certeza sobre a existência de correspondência entre os elementos da arquitetura funcional e as estruturas que são seu suporte.

Ao relacionar arquiteturas cognitivas com o conceito de carga mental, é possível observar um aumento da validade e extensão de análises, conforme demonstrado na Arquitetura Cognitiva de Richard (1990) (Figura 2).

Figura 2 - Arquitetura Cognitiva em associação à Carga Mental



Fonte: Richard (1990)

A partir da Figura 2, é possível identificar que em ocorrências de um raciocínio automatizado, específico de atividades repetitivas e monótonas, há uma menor exigência da

carga mental. Ao contrário, quando há necessidade de resolução de problemas e maior exigência de estruturas como memória e lógica, há maior demanda mental do indivíduo.

Moray (1998) e Wilson et al (2017) também se interessa na construção de modelos mentais propostos pelos operadores e a carga mental de trabalho. Para o autor, “o efeito dos níveis de modelagem é o de reduzir a carga mental do operador” (MORAY, 1998, p. 295). Para tanto, os estudos que tem foco na carga de trabalho e carga mental colaboram para a identificação de condições de trabalho e necessidades de implementação de políticas de regulação das condições de trabalho sempre que vierem a exceder a capacidade de realização do indivíduo, de forma a minimizar os custos humanos implícitos no trabalho analisado e desempenhado.

2.3 MÉTODOS E TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DA CARGA MENTAL

A carga mental, enquanto constructo, se divide em quatro classes: fisiológica, comportamental, subjetiva e analítica. As três primeiras classes são empíricas e a analítica é preditiva, pois é empregada em fases iniciais buscando evitar alguma sobrecarga futura. No entanto, ainda não se tem uma teoria unificada de carga mental que deixe claro os diferentes efeitos nas classes de carga (MORAY, 1988; SÖNMEZ, 2017; TESI, AIELLO, GIANNETTI, 2018).

Para Moray (1988), Sanders e McCormick (1993), Jorgensen et al (1999), Harrison et al (2014), há consenso ao afirmar que a carga mental experimentada pelo trabalhador é complexa e tem características peculiares associadas ao indivíduo como o esforço investido, motivação entre outros fatores idiossincráticos e outros fatores relacionados à tarefa que caracterizam a carga mental como multidimensional. Assim, não se encontram modelos definitivos que representam o constructo carga mental, mas há métodos para acessá-la. Ainda, a partir dos autores Sanders e McCormick (1993); Jorgensen et al (1999); Schonblum, 2004; Espíndola (2013), descreve-se quatro classes que permeiam os principais métodos de acesso a carga mental, além de suas características (o que é mensurado), suas vantagens e desvantagens (Quadro 3)

Quadro 3 - Categorias e Definições dos métodos de avaliação da Carga Mental

Categoria dos Métodos	Definição	Característica	Vantagens	Desvantagens
Medida das tarefas primárias	Interligam-se com o desempenho da tarefa em si de forma direta	Verificação de rendimento em uma única tarefa com diferentes graus de complexidade	Pode prever uma indicação de direção do sistema total ou desempenho de subsistema durante a aplicação	Podem não identificar a capacidade residual do trabalhador
Medidas de tarefas múltiplas	Medem o nível de carga mental a partir do uso de duas tarefas sendo uma primária mais sofisticada e outra menos sofisticada que tenha o nível de carga já conhecida	Verificação da interferência de uma tarefa sobre a outra.	Prove uma indicação dos recursos residuais do trabalhador	Poderá haver impacto artificial ou intrusão no desempenho da tarefa primária e, com frequência, tem baixa aceitação do trabalhador
Medidas Fisiológicas	Mensuram as respostas fisiológicas associadas às respostas a mudanças nos níveis de carga mental	Frequência cardíaca, eletroencefalograma, resposta galvânica da pele, níveis hormonais, pressão sanguínea e movimentos oculares (movimentos dos olhos e diâmetros das pupilas)	Não requer respostas públicas, registra a tarefa de forma contínua, é de natureza multidimensional	Difícil utilização durante a situação de trabalho, pode ser intrusiva ou exigir gastos altos com aquisição de equipamentos e exames laboratoriais, pode sofrer influência de outras variáveis que não estão diretamente relacionadas com a situação de trabalho, requer perícia para coleta e interpretação de resultados
Medidas Subjetivas	Obtém respostas a partir de questionários aplicados ao final da tarefa desempenhada de forma a procurar as respostas subjetivas	Avalia questões subjetivas relacionadas ao trabalho, por exemplo, sentimentos e afetos ligados ao esforço	Tem alta validade pois refletem as experiências subjetivas do trabalhador, baixo custo e facilidade de implementação, não há necessidade de equipamentos adicionais, não intrusiva e de alta aceitação do trabalhador	Nível alto de variabilidade de intersubjetividade. Pode ter relatórios resultados contrastantes com medidas de desempenho.

Fonte: Sanders e McCornick (1993); Jorgensen et al (1999); Schonblum, 2004; Espíndola (2013)

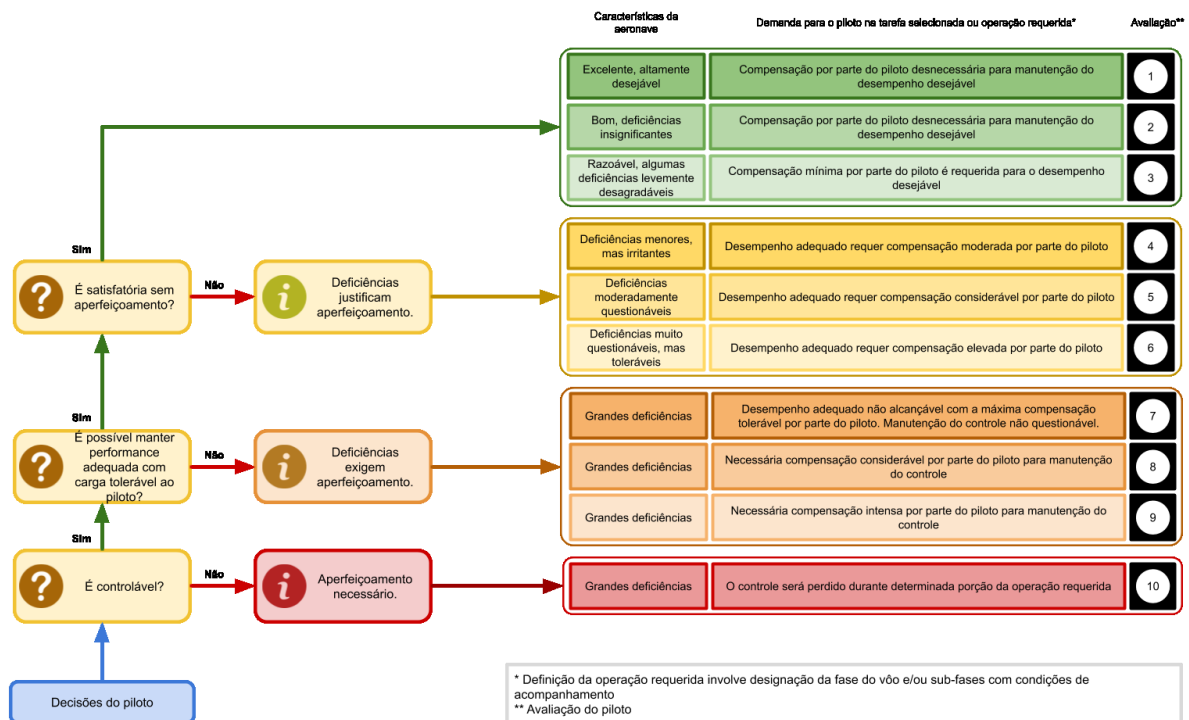
As medidas fisiológicas, conforme observa-se no Quadro 3, estão associadas às medidas de alto potencial diagnóstico por possibilitarem a observação dos níveis de carga mental a partir da sua manifestação psicomotora, no entanto, quando são realizadas atividades com predominância cognitiva, esse tipo de medida não é tão eficaz. Além disso, a obtenção dessas medidas está associada ao uso de equipamentos ou exames que requerem material técnico e disponibilidade de espaço e/ou tempo por parte do indivíduo em avaliação e seu empregador, o que muitas vezes torna sua aplicação dificultosa ou mesmo inviável. Outro ponto observado é que essas medidas servem como complemento, ou suporte, para as medidas subjetivas ou comportamentais, o que demonstra que não devem ser usadas como único indicador de carga mental, mas devem estar associadas a outros métodos de mensuração da carga mental.

Com relação às medidas baseadas em rendimento (medida das tarefas primárias e múltiplas), convém partir do princípio de que com o aumento da complexidade da tarefa haverá um impacto na sua exigência, de forma a tornar evidente a redução do rendimento do trabalhador, tornando-se visível principalmente quando realizada uma comparação entre a tarefa simples e a tarefa de maior exigência (JORGENSEN et al, 1999; JANSEN et al, 2016; LONGO, 2016; MANSIKKA, VIRTANEN, HARRIS, 2018). Segundo O'Donnell e Eggemeier (1986), Lin e Lu (2016), Rivera e Romero (2016) e Rubio-Valdehita e Rodrigo-Tapias (2017), essa medida é bem utilizada quando está sob avaliação um sistema humano-máquina, ou seja, quando há uma organização composta por seres humanos e máquinas que interagem de maneira direta para produção de resultado. Apesar disso, tal medida deve ser utilizada em conjunto com outras medidas pois, quando aplicada a tarefas simples, não há certeza de que o avaliado está atribuindo recursos suficientes para obtenção do máximo de rendimento. Já quando aplicada a tarefas múltiplas, a intenção é voltada a avaliar a carga mental em função do grau de interferência produzido quando a tarefa é realizada de forma simultânea a outras tarefas com iguais ou diferentes características, de forma a entender que conforme aumenta a complexidade da tarefa maior o impacto na carga mental e menor o rendimento do trabalhador.

As medidas subjetivas são amplamente utilizadas para mensuração da carga mental e deixam evidente que o nível de desgaste mental ou carga está estreitamente associado à capacidade do trabalhador em desempenhar seu trabalho. De forma geral, é possível observar que o trabalhador e sua subjetividade são indicadores eficientes em relação ao nível de carga, subcarga ou sobrecarga. Assim, com as medidas subjetivas associadas a outras formas de análise da relação trabalhador – trabalho, há possibilidade de realizar outras investigações que vão além de mensurar a carga mental.

Os primeiros autores a trabalhar com escalas subjetivas de carga mental foram Cooper e Harper (1969). No artigo intitulado “The Use of Pilot Rating in the Evaluation of Aircraft Handling Qualities”, publicado em abril de 1969, os autores definem um conjunto de critérios subjetivos e avaliativos utilizados para avaliação de pilotos de testes e engenheiros de teste de voo para avaliar as qualidades de manuseio da aeronave durante o voo. A escala proposta pelos autores é descrita na Figura 3.

Figura 3 - Escala subjetiva de Cooper – Harper



Fonte: Adaptado de Cooper, Harper (1969)

Uma observação importante sobre a escala de Cooper e Harper feita pelos autores é que não se pode atribuí-la à uma aeronave, mas sim a um piloto bem treinado, que executou uma tarefa de maneira repetitiva e que esteve efetivamente envolvido na execução dessa tarefa, ou seja, a escala sendo subjetiva é atribuída ao indivíduo.

A partir da escala de Cooper e Harper, surge a Escala de Sheridan – Simpson, que adicionou três dimensões subjetivas (estresse, esforço e carga) à escala original de Cooper e Harper. A escala sofreu novas alterações, até chegar ao método proposto por Reid, Shingledecker e Eggemeier (1981), no qual a carga mental de uma tarefa ou atividade é indicada por meio da mensuração de três dimensões: tempo, estresse e esforço mental, método

que é conhecido como SWAT (*Subjective Workload Assessment Technique*) (CARDOSO, 2010).

Ainda, em um segundo momento, em 1981, no laboratório da NASA, a partir do uso de escalas bipolares que tinham como objetivo identificar o número mínimo de dimensões necessárias para indicar as diferenças quanto à carga mental de trabalho, foi desenvolvido o método NASA – AMES que, em 1987, dá origem ao NASA – TLX (*Task Load Index*).

É possível observar, então, que as medidas mais utilizadas são subjetivas, podendo ser mais abrangentes e denominadas como multidimensionais, ou menos abrangentes, chamadas de unidimensionais.

Quando são utilizadas medidas unidimensionais (Quadro 4), é obtida uma mensuração global da carga mental, sendo essa avaliada a partir de uma dimensão.

Quadro 4 - Principais medidas unidimensionais de carga mental

Nome da Escala	Autor	Principais Características
Escalas da Universidade de Estocolmo	Dornic e Anderson (1980)	Os autores desenvolveram duas escalas sendo a primeira conhecida como escala da dificuldade percebida onde o trabalhador indica o grau de dificuldade e a segunda chamada de escala de esforço percebido onde o trabalhador determina o grau de esforço mental exigido na execução da tarefa
Avaliação de Magnitudes	Bratfisch (1972)	O autor avalia a carga mental a partir de uma série de tarefas tomando como referência a valoração atribuída a uma delas. É uma escala com correlação alta das medidas baseadas em rendimento.
Escala de Cooper – Harper	Cooper e Harper (1969)	Elaborado para medir a carga mental de tarefas de voo
Escala de Bedford	Roscoe (1987)	Baseada na Cooper – Harper foi aprimorada com a ajuda dos pilotos de teste da Royal Aircraft Establishment at Bedford. Utilizada na área de aviação militar e civil
Escala de Carga Global	Vidulich e Tsang (1986)	Indicada para avaliação de carga mental percebida durante a jornada de trabalho. É utilizada com o objetivo de avaliar a carga mental associada a condução de automóveis em combinação com tarefas adicionais.
Comparações Binárias	Saaty (1980)	Compara a carga mental entre várias tarefas duas a duas
Escala de Avaliação de Esforço Mental	Zijlstra e Van Doorn (1985)	Analisa o esforço investido na execução da tarefa

Fonte: Adaptada pelo autor (2018)

As escalas ou métodos multidimensionais são amplamente utilizados, tanto por avaliarem a carga de forma complexa, considerando mais do que uma dimensão, quanto por propiciarem maior acessibilidade a características da carga mental. Dentre os métodos existentes, no Quadro 5 são listados alguns exemplos e são descritas de forma generalizada as suas características.

Quadro 5 - Principais medidas multidimensionais de carga mental

Nome da Escala	Autor	Principais Características
LEST	Guélaud et al (1975)	Mensura a carga mental a partir de diferentes dimensões
Subjective Workload Assessment Technique – SWAT	Reid et al (1981; 1982)	Mensura a carga mental de tarefa ou atividade a partir de três dimensões: tempo, esforço mental e estresse
Escala de Avaliação de Hart H	Hart (1988)	A partir da avaliação do estresse, esforço mental/sensório, pressão de tempo, carga de trabalho global e desempenho os autores procuraram medir a carga mental em comandantes de um voo de nove horas de duração. Pode-se afirmar que foi o passo inicial para o desenvolvimento do NASA – TLX.
NASA – TLX	Hart e Staveland (1988)	Mensura a carga mental a partir de seis sub-escalas ou dimensões onde três referem-se a aspectos impostos pelo sujeito (mental, física e temporal) e as demais referem-se à interação sujeito – tarefa (esforço, frustração e realização).
Workload Profile	Tsang e Velazques (1996)	Baseado no modelo de recursos múltiplos de Wickens (1992), considera o rendimento em situação da tarefa dual e de procedimentos subjetivos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A partir do Quadro 4 e Quadro 5, é possível identificar uma variabilidade, em termos dos métodos e instrumentos, tanto unidimensionais como multidimensionais. Para que seja possível verificar quais desses métodos têm sido utilizados atualmente faz-se necessário e ideal uma avaliação da literatura científica por meio de análise de publicações científicas recentes, em especial em periódicos e revistas. Além disso, em Laperuta et al (2018) e em Silva (2018), identifica-se que o método NASA-TLX para avaliação de carga mental está entre os mais utilizados, ficando atrás apenas de NIOSH utilizado para Carga Física e Fanger para conforto térmico, e ainda, deixa evidente por meio de análise estatística, a crescente utilização do método NASA-TLX em estudos ergonômicos.

Ressalta-se que, não comporão o *framework* e não serão implementados os métodos unidimensionais e os métodos LEST, Avaliação de Hart e o Workload Profile inicialmente por conta de não apresentarem (até então) números relevantes de utilização no levantamento bibliográfico descrito na seção 4.1.

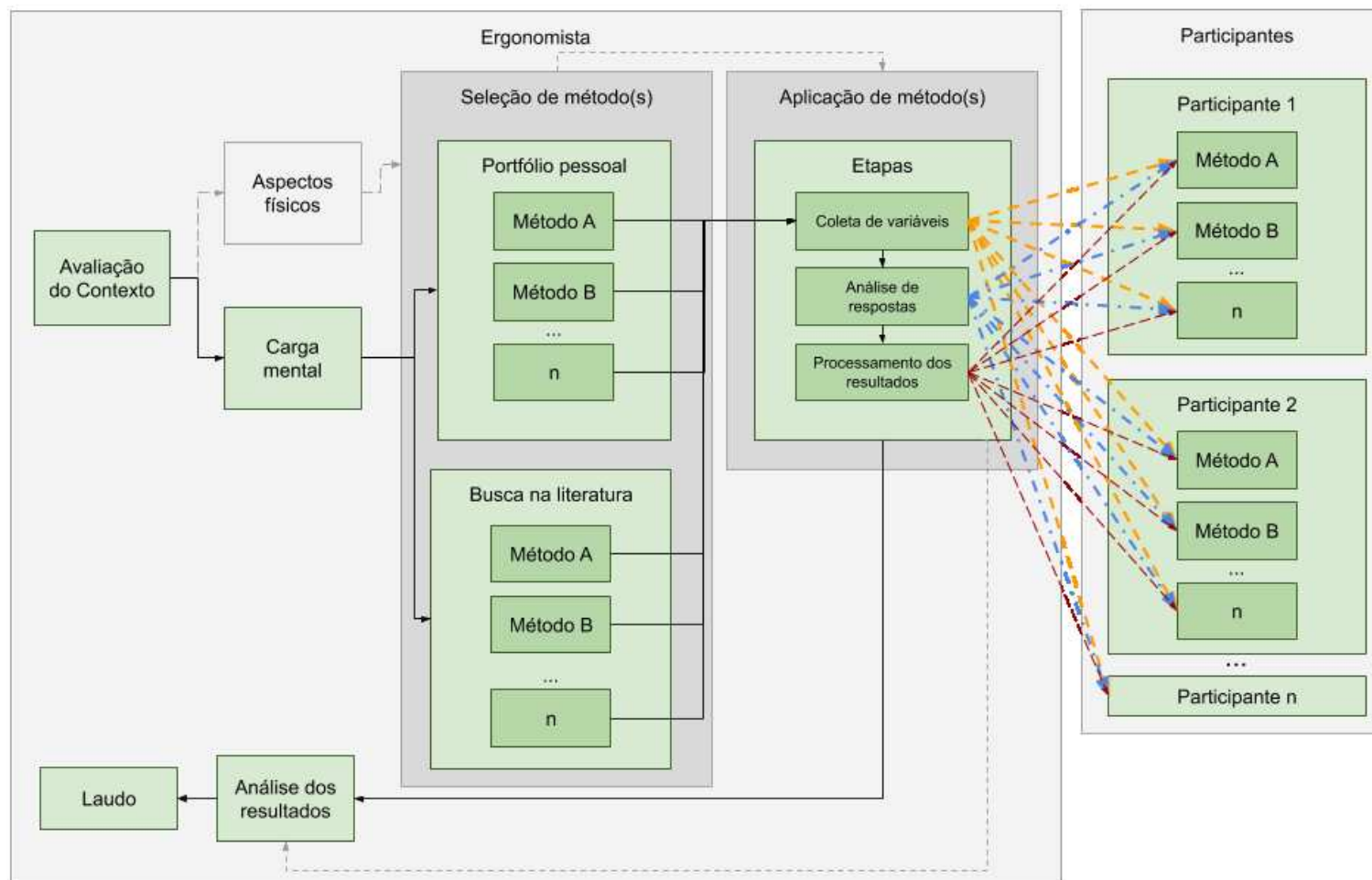
Outro ponto de destaque no presente estudo é a utilização de sistemas informatizados dentro da área de ergonomia, em especial, aqueles que buscam concentrar os métodos de forma a possibilitar aos pesquisadores e ergonomistas contato e possibilidade de escolha de diferentes métodos que possam proporcionar maior detalhamento em seus diagnósticos e laudos.

2.4 ERGONOMIA E SISTEMAS INFORMATIZADOS

Pressman (1995), um pesquisador de referência na área de engenharia de *software*, referia-se com preocupação, nos anos 90, quanto ao desenvolvimento de soluções informatizadas que atendessem problemas originados do trabalho e que pudessem auxiliar a empresa na tomada de decisão. Além disso, com o surgimento de novas tecnologias, houve um aumento da competição no mercado de trabalho em busca por ganho em produtividade, sendo um exemplo o sistema bancário, onde, a partir da informatização, o profissional bancário, que antes tinha exigências físicas baixas, passa a conviver com a pressão do cumprimento de metas (GONÇALVES, 1995).

O referido aumento de competitividade, a pressão e a inadequação do ambiente de trabalho originam inúmeros problemas à saúde física e mental do trabalhador e, segundo Brandimiller (1996), qualquer ambiente de trabalho pode acarretar danos ao trabalhador, seja por movimentos bruscos ou extremos, ou cargas mentais.

Os profissionais ergonomistas, responsáveis pela análise da interação do ser humano com seu trabalho, buscam, a partir de métodos e meios, verificar, constatar, afirmar e modificar uma ação de forma a trazer benefício ao indivíduo, sendo utilizadas nesse processo ferramentas para análise e avaliação ergonômica. A Figura 4 busca ilustrar o processo tradicional de aplicação de métodos ergonômicos de avaliação.

Figura 4 – Aplicação convencional de métodos de avaliação de carga mental

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Com o surgimento do computador pessoal, a inovação no âmbito do *software* foi conduzida por pessoas que percebiam a importância de considerar as necessidades dos usuários. Shneiderman (2006) afirma que, para que os sistemas informatizados atinjam as expectativas da organização e seus trabalhadores, promovendo valores humanos, são necessários projetos que ofereçam melhores experiências aos usuários, com foco nas necessidades e aspirações humanas.

No entanto, analisando ferramentas computacionais (*softwares*) desenvolvidas para atender demandas de estudos ergonômicos, é possível segmentar as desenvolvidas nas décadas de 70 e 90, com foco, predominantemente, na análise das atividades repetitivas, e as desenvolvidas após os anos 2000, com funcionalidades voltadas à análise ergonômica física, sendo estas, em sua maioria, produtos de *software* que exigem a aquisição de licença, sendo isso uma barreira para o acesso de pesquisadores da área (Quadro 6).

Quadro 6 - Softwares com foco em métodos ergonômicos existentes no mercado

Software	Descrição	Métodos de Ergonomia	Tipo de Acesso	Avaliação
WinOWAS	No <i>software</i> avalia-se a carga musculoesquelética de forma qualitativa e quantitativa das posturas adotadas durante o trabalho, que são feitas através de observações por meio de imagens ou anotações (LIGEIRO,2010)	OWAS – Método de avaliação postural	O <i>software</i> era entregue em disquete e não foi encontrado outro tipo de acesso.	De acordo com o relato de Ligeiro (2010) a ferramenta é de difícil utilização, pois não faz a filmagem ou fotografia diretamente, além de não haver avaliação da postura das costas na posição sentada.
ErgoMetrix	<i>Software</i> faz a análise ergonômica contemplando todos os setores, seções e funções da empresa com avaliações e ferramentas reconhecidas mundialmente; faz a avaliação do perfil dos funcionários com utilização de ferramentas como Diagrama de Corlett e Questionário Bipolar da Fadiga, além de gerar o relatório ergonômico/ocupacional completo para ser entregue às empresas.	OCRA, RULA, REBA, MOORE e GARG, OWAS, NIOSH, Suzanne Rodgers, CheckList OCRA, EWA, Quick Exposure Check, TOR TOM e CheckLists ergonômicos	Necessário compra de Licença (<i>software</i> proprietário)	Pela descrição do <i>software</i> na página do proprietário percebe-se que ele dispõe de acesso único ao ergonomista, que deverá inserir os dados. Além disso, as ferramentas da qual dispõe são exclusivamente de avaliação física, não dispondo de métodos de avaliação da carga mental de trabalho.
Software Ergolândia	O <i>software</i> possui 26 ferramentas ergonômicas para avaliação. É destinado a Ergonomistas, Fisioterapeutas e empresas para avaliar a ergonomia dos funcionários, além de destinar-se também a todos os profissionais da área de saúde ocupacional, professores e estudantes que querem aprender e aplicar as ferramentas ergonômicas.	Método NIOSH; Método OWAS; OCRA; RULA; REBA; Método ROSA; Método Suzanne Rodgers; Moore e Garg (Strain Index); Método TLV HAL; Checklist de Couto; Questionário Bipolar; Método QEC; Método Lehmann; Método NASA TLX; Método Ergos - Carga Mental; Análise de Imagem; Análise de Vídeo; Antropometria; Cálculo de Força; Utilização de EPI (NR 6); Avaliação de Calor (NR 15); Avaliação de Ruído (NR 15); Avaliação de Digitação (NR 17); Avaliação de Iluminação (NHO 11); Método Snook e Ciriello; eSocial	Acesso de 30 dias gratuito, após é necessário compra de Licença (<i>software</i> proprietário)	Pela descrição e imagens do <i>software</i> na página do proprietário percebe-se que ele dispõe de acesso único ao ergonomista, que deverá inserir os dados. Dispõe dos métodos NASA-TLX e Ergos para avaliação de carga mental onde o ergonomista insere os dados a partir de questionamentos, no entanto, não possibilita a aplicação em múltiplos trabalhadores ao mesmo tempo.
NASA Task Load Index (TLX) Ios	<i>Software</i> que realiza a avaliação de carga mental exclusivamente pelo método NASA-TLX	NASA-TLX	Aplicativo para celular	Exclusivo para Ipad ou Iphone

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Quanto ao demais *softwares* com foco em avaliação ergonômica, encontrou-se: ErgoPlus, ViveLab Ergo, Ergo/IBV, Ergonomics Assessment Software, VelocityEHS' Humantech Ergonomics Software, Ergoweb Enterprise e ErgoSquad. Todos estes são *softwares* exclusivamente de língua inglesa e que dispõem de métodos de avaliação de carga de trabalho físico ou simulação em 3D de postura em ambiente de trabalho (ViveLab Ergo), além de serem *softwares* proprietários, ou seja, é necessário a compra de licença para utilização.

Percebe-se, então, que, apesar de existirem ferramentas de *software* que estejam alinhadas à área de ergonomia, há demanda de uma ferramenta que centralize diversos métodos de avaliação ergonômica, possibilitando que os profissionais ergonomistas ou pesquisadores da área possam selecionar métodos e/ou ferramentas, eventualmente desconhecidos, de forma individual ou combinada, com o objetivo de completar e enriquecer seus diagnósticos.

3 MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS

Este capítulo apresenta o enquadramento metodológico da pesquisa, assim como a descrição dos métodos de cada uma das etapas juntamente com uma sequência de passos para modelagem, implementação e validação do *framework* e do *software*.

3.1 CARACTERIZAÇÃO METODOLÓGICA DA PESQUISA

De forma a alcançar os objetivos previstos, este estudo se caracteriza como uma pesquisa exploratória, porque buscou aprofundar-se no tema em estudo (GIL, 2010) por meio da realização de uma revisão bibliográfica a partir de um método estruturado para formação de referencial teórico acerca dos aspectos avaliáveis e seus respectivos métodos de avaliação de carga mental, procurando escolher e conceituar aqueles que serão incorporados ao *framework*.

Quanto à abordagem, utilizou técnicas qualitativas (SILVA; MENEZES, 2005), para analisar os dados acerca do conhecimento, expectativas, intenções e percepções da literatura e dos atores de forma a culminar na elaboração do *framework* e sua implementação em um *software*.

Do ponto de vista dos procedimentos, caracteriza-se como uma pesquisa-participante pois foi realizado em estreita associação com os atores de forma a propor uma resolução do problema elencado como objeto de pesquisa (GIL, 2010; MARCONI; LAKATOS, 2010). Além disso, este estudo foi desenvolvido a partir do enfoque da macroergonomia (HENDRICK, 1993) e da ergonomia participativa (BROWN, 1995; GUIMARÃES, 2000), tendo em vista que, visando a melhoria do processo de trabalho dos profissionais, ergonomistas e estudiosos, será realizada, junto com estes usuários finais da tecnologia a ser implementada, a construção do *framework* que integre diferentes métodos, ferramentas, técnicas e normas de avaliação de carga mental.

A pesquisa foi desenvolvida em duas etapas conforme mostra o Quadro 7:

Quadro 7 - Etapas da pesquisa

Etapas da pesquisa	Descrição	Objetivos
Etapa 1	A partir de revisão de literatura, foram selecionados métodos de avaliação ergonômica com foco na carga mental e detalhadas suas variáveis, escalas e operações;	(1) construir, a partir de um processo estruturado, um referencial teórico sobre a ergonomia e os métodos de avaliação de carga mental de forma a identificar os métodos de avaliação da carga mental de ampla utilização por meio de revisão da literatura; (2) identificar as características (variáveis e escalas) dos métodos de avaliação de carga mental resultantes da revisão e selecionar, por meio de análise das características, métodos de avaliação de carga mental para compor o <i>framework</i> de avaliação ergonômica;
Etapa 2	Integrar os métodos identificados na literatura em forma de proposta de <i>framework</i> de avaliação de carga mental; modelar uma ferramenta computacional de avaliação de carga mental com base no <i>framework</i> proposto; e desenvolver uma ferramenta computacional de avaliação de carga mental.	(3) criar uma proposta de <i>framework</i> de avaliação de carga mental baseado em múltiplos métodos de avaliação; (4) modelar, validar e desenvolver um <i>software</i> para avaliação de carga mental baseado no <i>framework</i> proposto.

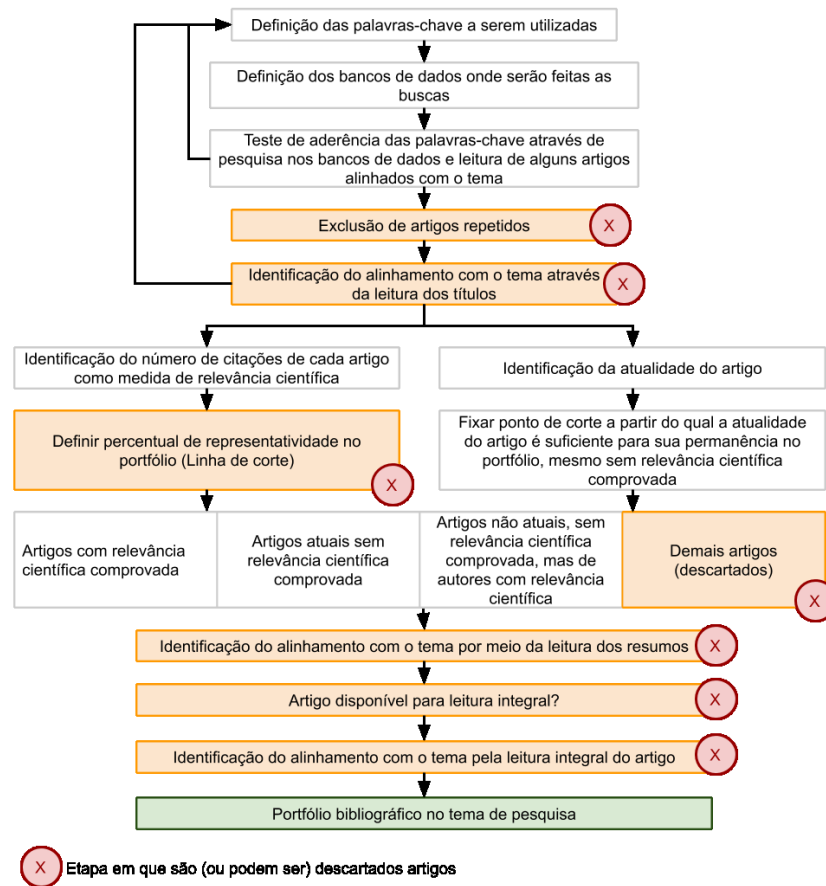
Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

3.2 DESCRIÇÃO METODOLÓGICA DA ETAPA 1

Para estudar o tema “Ergonomia e seus métodos de avaliação de carga mental” utilizou-se da pesquisa exploratória e descritiva. Descritiva devido a identificação das características das publicações e referências dentro de um conjunto de dados, e exploratória porque realiza a busca do conhecimento sobre o tema a partir da análise dos portfólios bibliográficos. Já quanto a sua natureza, constitui-se em um estudo teórico e ilustrativo que tem foco na ideia e apresenta os passos para construção dos portfólios (GIL, 2010).

A geração do conhecimento foi feita pela seleção do Portfólio Bibliográfico, por meio do método Proknow-C que tem as etapas descritas na Figura 5.

Figura 5 - Procedimento Proknow-C resumido



Fonte: Adaptado de Ensslin et al, 2010

Sendo assim, com o objetivo de selecionar o portfólio bibliográfico, em um primeiro momento, realizou-se a busca bibliográfica em periódicos nacionais e internacionais por meio do processo estruturado *Knowledge Development Process-Constructivist ProKnow-C* (ENSSLIN et al., 2010), que tem duas fases principais: a seleção do banco de artigos brutos e a filtragem do banco de artigos. A primeira fase é subdividida em: definição das palavras chaves; definição das bases de dados e busca dos artigos nas bases com as palavras-chaves definidas. Já a segunda fase é subdividida em: eliminação de artigos repetidos; alinhamento do artigo por meio da leitura do título; alinhamento quanto ao reconhecimento científico; alinhamento por meio da leitura do resumo e alinhamento por meio da leitura integral.

3.2.1 Primeira Fase do Processo ProKnow-C

Na fase que constitui a seleção de artigos brutos foram definidos como eixos de pesquisa: carga mental, trabalho e métodos, e, por decorrência, as seguintes palavras-chaves para cada eixo:

- *Carga Mental* - Carga de trabalho mental; mente; Fatores ergonômicos cognitivos; Carga mental;
- Trabalho – trabalho; carga de trabalho; Saúde do trabalhador; trabalhador; e
- Métodos - Métodos de medição; métodos; Medição mental.

A busca se deu por meio de 48 combinações possíveis entre as palavras chaves, com uso do operador booleano AND dentro das bases de dados internacionais Web of Science, Scopus e Science Direct e nacionais Scielo e Spell, entre 2007 e 2017.

Descreve-se a seguir o processo de formação dos portfólios internacional e nacional a partir da utilização do método ProKnow-C

3.2.1.1 Seleção de artigos Internacionais

No processo de seleção de artigos internacionais, foram obtidos 9.370 artigos, posteriormente exportados para um *software* gerenciador de bibliografias. Houve 4.372 ocorrências de duplicidade, totalizando assim 4.998 artigos singulares. Foi realizada então a verificação do alinhamento do artigo com o tema de pesquisa através da leitura do título, resultando na exclusão de 3.552 artigos, que não estavam alinhados. A etapa seguinte consistiu na identificação do reconhecimento científico dos artigos, pelo número de citações do artigo em outros trabalhos científicos. O Google Acadêmico foi utilizado como ferramenta de verificação do número de citações de cada artigo. Como resultado, obteve-se 1.403 artigos com 95% das citações e 43 artigos com 5% das citações. Foi então realizada a leitura dos resumos dos 1.403 artigos com maior reconhecimento científico para identificar o alinhamento com o tema da pesquisa, sendo selecionados nesta etapa 200 artigos.

Posteriormente, para sequência da seleção foram analisados os 43 artigos com menor reconhecimento científico de maneira a identificar se o artigo era recente e se o autor estava presente nos artigos selecionados. Assim, por meio dessa leitura foram selecionados 21 artigos, que em conjunto com os artigos com maior número de citações totalizaram 221 artigos.

Após a leitura integral dos textos de 181 artigos (40 dos artigos selecionados não estavam disponíveis em meio eletrônico) verificou-se que 30 destes artigos estavam aderentes ao tema desta pesquisa, sendo assim formaram o portfólio de artigos internacionais.

3.2.1.2 Seleção de artigos Nacionais

Na busca nacional, foram selecionados 63 artigos, também exportados para o mesmo *software* gerenciador de bibliografias. Quando realizada a leitura dos títulos, verificando o alinhamento quanto ao tema de pesquisa, houve a exclusão de 11 artigos. Devido à pouca bibliografia encontrada, não foi aplicada a aferição do reconhecimento científico. Na leitura dos resumos, 19 artigos foram excluídos devido não estarem alinhados ao tema da pesquisa, restando assim 33 artigos que foram analisados integralmente. Destes, 10 artigos foram excluídos porque não estavam aderentes ao tema desta pesquisa, portanto, 23 compuseram o portfólio de artigos nacionais.

3.2.2 Segunda Fase do Processo ProKnow-C

Com a definição dos portfólios, a segunda etapa do processo foi a identificação de informações para gerar conhecimento quanto ao tema por meio da análise dos artigos, para quantificar as informações existentes e extrair as características das publicações. Foram efetuadas 3 análises dos portfólios bibliográficos: (i) Estimativa do grau de relevância dos periódicos; (ii) Estimativa do reconhecimento científico de artigos; e (iii) Estimativa do grau de relevância dos autores.

Na análise do conteúdo dos artigos (BARDIN, 2004), foi realizada a leitura, interpretação e processamento das informações dos artigos que compunham os portfólios bibliográficos a partir de uma adaptação das lentes propostas por Ensslin (2010) e que compõem o processo Proknow-C.

Nas lentes que compõem a etapa de análise sistêmica propostas por Ensslin (2010), o foco da avaliação dos artigos está na área de avaliação de desempenho, o que não se relaciona com este estudo. Portanto, foi realizada uma adaptação nas lentes de forma a permitir a avaliação dos artigos frente aos três eixos que são objeto desse estudo: trabalho, carga mental e métodos. Então, os portfólios foram avaliados de forma a responderem os seguintes questionamentos:

1. É possível acessar a carga mental dos trabalhadores?

2. Existem métodos específicos para acessar, capturar e mensurar a carga mental?
3. Esses métodos são utilizáveis em qualquer campo de pesquisa?
4. Os artigos identificam os indicadores relacionados à carga mental?
5. Os métodos apresentados podem ser implementados em um *software*?

Em relação ao método de avaliação de carga mental, deu-se atenção à aplicabilidade e à possibilidade de implementação em um *software* de ergonomia.

3.3 DESCRIÇÃO METODOLOGICA DA ETAPA 2

A partir da revisão de conteúdo dos portfólios, o critério de seleção dos métodos foi a mensuração de uso em publicações do período pesquisado. Na sequência, analisou-se o *framework* proposto por Laperuta (2016), composto por métodos de avaliação de carga física, verificando a possibilidade da sua expansão.

A partir disso, realizou a consulta aos especialistas, também denominados atores (denominação escolhida para essa dissertação) ou *stakeholders*. Essa consulta, foi feita a partir de uma entrevista semi-estruturada, em forma de *brainstorming* (reunião onde os questionamentos são feitos em forma de provocação e os atores respondem sem que haja julgamentos ou intervenções). Os atores que participaram do processo tinham média de idade de 37,2 anos, sendo 2 do sexo masculino e 3 do sexo feminino. Com relação as áreas de atuação profissional: uma psicóloga (Especialista A), um engenheiro de segurança do trabalho (com mais de 20 anos de experiência na área) (Especialista B), um professor universitário da área de ergonomia (Especialista C), uma ergonomista (Especialista D) e um acadêmico de um curso de pós graduação da área de ergonomia (Especialista E). Após a reunião os dados foram organizados em formato de requisitos (textos que definem as funcionalidades e restrições do *framework* e perfil do *software*) e reapresentados aos atores que os validaram simulando por meio de análise de fluxograma ações e informações. Com isso, delineou-se o *framework* que da avaliação de carga mental de trabalho.

Na sequência, parte-se para a seleção de materiais, tecnologias e métodos para transformação desse novo *framework* em um *software* onde o especialista deve informar o aspecto que deseja avaliar na atividade, e então selecionar dentre os métodos disponíveis no *software*, aqueles que julga adequado aplicar, podendo avaliar carga mental, postura, repetitividade, desconforto, posto de trabalho, entre outros.

Para o desenvolvimento do sistema proposto, escolheu-se como modelo de processo de *software* evolucionário de prototipagem, pois este proporciona dinamicidade e agilidade ao

processo de desenvolvimento de *software*. Para Sommerville (2008), o modelo de prototipagem auxilia, tanto o desenvolvedor quanto ao usuário, entender melhor o que deve ser construído, visto que após o primeiro contato de definição de objetivos gerais do *software*, parte-se para a representação dos aspectos visíveis do *software* como, por exemplo, *layout* da interface ou formatos de saída de tela, levando a construção de um protótipo que pode ser avaliado pelo usuário, propiciando um *feedback* que é usado para refinar os requisitos do *software*.

Ainda, utilizou-se da Linguagem de Modelagem Unificada (*Unified Modeling Language* – UML) para construir os diagramas de caso de uso e classe que possibilitam aos atores do processo de desenvolvimento melhor visualização dos requisitos e prioridades de desenvolvimento do *software*. A UML é uma linguagem visual utilizada na modelagem de sistemas computacionais, através da qual é possível a definição de uma série de características do *software*, por meio de diferentes tipos de diagrama, onde, através de cada diagrama é possível especificar características de diferentes âmbitos.

Para desenvolvimento do sistema computacional, foi utilizado o paradigma de desenvolvimento de orientação a objetos que, de acordo com Deitel (2010), que aproxima o programador do mundo real, onde todas as coisas podem ser traduzidas como “objetos (atributos e ações/métodos)”, representadas computacionalmente, a critério do desenvolvedor.

O armazenamento de dados de um sistema pode ser realizado por mais de um método, cabendo ao desenvolvedor definir o método que atende às necessidades do sistema, considerando os aspectos do ambiente de execução (Computadores, *Smartphones*, Celulares, *Chips*, etc.). O Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), definido por Silberschatz, Korth e Sudarshan (2012) como uma coleção de dados inter-relacionados cujo acesso é possibilitado por meio da utilização de um sistema de finalidade específica.

Na finalização do processo de construção do *software*, foi realizada a inserção de dados, colhidos manualmente, da aplicação de métodos de avaliação de carga mental em trabalhadores (70 voluntários), obtidos junto com a especialista D (ergonomista), sendo realizada a comparação entre os resultados calculados (manualmente) e os processados pelo *software*. A validação foi considerada de pleno êxito diante dos resultados da comparação da coleta manual com a realizada pelo *software*, em reunião avaliação com os atores que definiram as características do *framework* e do *software* (a psicóloga - Especialista A, o engenheiro de segurança do trabalho - Especialista B, o pesquisador da área de ergonomia - Especialista C, a ergonomista - Especialista D e o acadêmico de pós graduação da área de ergonomia - Especialista E).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Essa seção exibe e discute, à luz da literatura, os resultados que vão ao encontro dos objetivos especificados de forma a alcançar o objetivo geral. A seção é dividida em subseções demonstrando-se a análise e discussão dos artigos recentes encontrados, confecção e apresentação do *framework* e apresentação do *software* desenvolvido.

4.1 ERGONOMIA E CARGA MENTAL

4.1.1 Análise Bibliométrica

A análise bibliométrica foi concentrada nos 30 artigos internacionais e 23 nacionais selecionados e nas suas respectivas referências bibliográficas, sendo que foram 5.132 artigos referenciados nos artigos internacionais e os 35 referenciados nos nacionais. Neste trabalho, houve opção pela junção dos dados do perfil dos portfólios bibliográficos e do perfil das referências bibliográficas dos portfólios em forma tabular, de forma que se possa observar os principais periódicos, artigos e autores da literatura científica relacionada ao tema de pesquisa, conforme Tabela 1, sendo a discussão de cada foco realizada na sequência.

Tabela 1 - Resultados da Análise Bibliométrica

Foco da Análise Bibliométrica	Portfólios Internacional	% de relevância portfólio internacional	Portfólios Nacional	% de relevância portfólio nacional
Relevância do Periódico nos portfólios bibliográficos e em suas referências	- International Journal of Industrial Ergonomics	2,67% (138 artigos entre portfólio e referências)	- Ciência & Saúde Coletiva	11% (6 artigos entre portfólio e referências)
	- Applied Ergonomics	2,1% (108 artigos entre portfólio e referências)	- Cad. Saúde Pública	33% (18 artigos entre portfólio e referências)
Reconhecimento Científico dos Artigos	WICKENS, C. D. Multiple Resources and Mental Workload. Human Factors, v. 50, n. 3, p. 449-455, jun. 2008	28,8 % (892 citações entre referências e Google Acadêmico)	MINAYO, M. C. S.; ASSIS, S. G.; OLIVEIRA, R. V. C. Impacto das atividades profissionais na saúde física e mental dos policiais civis e militares do Rio de Janeiro (RJ, Brasil). Ciência & Saúde Coletiva, v. 16, n. 4, p. 2199-2209, 2011.	27,1% (74 citações entre referências e Google Acadêmico)
	DIDOMENICO, A.; NUSSBAUM, M. A. Interactive effects of physical and mental workload on subjective workload assessment. International journal of industrial ergonomics, v. 38, n. 11-12, p. 977-983, nov-dez. 2008.	11,5% (355 citações entre referências e Google Acadêmico)	BEZERRA, C. M.; MINAYO, M. C. S.; CONSTANTINO, P. Estresse ocupacional em mulheres policiais. Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 18, p. 657-666, mar. 2013.	27,8 % (76 citações entre referências e Google Acadêmico)
	DORRIAN, J.; BAULK, S. D.; DAWSON, D. Work hours, workload, sleep and fatigue in Australian Rail Industry employees. Applied ergonomics, v. 42, n. 2, p. 202-209, jan. 2011.	10,9 % (338 citações entre referências e Google Acadêmico)		

continua

continuação

Foco da Análise Bibliométrica	Portfólios Internacional	% de relevância portfólio internacional	Portfólios Nacional	% de relevância portfólio nacional
	- Angela DiDomenico	3,5% (181 artigos entre portfólio e referências)	- Maria Cecilia de Souza Minayo	38,1% (21 artigos entre portfólio e referências)
Autores de Destaque	- Christopher D. Wickens	2,5% (130 artigos entre portfólio e referências)		
	- Karel A. Brookhuis	3,1% (158 artigos entre portfólio e referências)		
	- Maury A. Nussbaum	2% (105 artigos entre portfólio e referências)		

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A primeira análise realizada buscou identificar periódicos com destaque dentro dos portfólios e das referências dos portfólios. É possível observar, na Tabela 1, que os periódicos “Internacional Journal of Industrial Ergonomics” e “Applied Ergonomics” obtiveram destaque tanto no portfólio internacional quanto em suas referências dos portfólios bibliográficos, o primeiro com 2,67% de relevância e o segundo com 2,1%. Quanto ao portfólio nacional, os periódicos “Ciência & Saúde Coletiva” (11%) e “Cadernos de Saúde Pública” (33%) aparecem como destaques no portfólio. Essa informação visa auxiliar os pesquisadores da área sobre quais os periódicos que mais publicam sobre a ergonomia e seus métodos/ferramentas de avaliação de carga mental, facilitando a busca por bibliografias além de auxiliar na escolha de um periódico para publicação de estudos.

A análise seguinte compara o número de menções dos artigos dos portfólios bibliográficos no Google Scholar e o número de citações obtidas pelo autor mais citado do artigo nas referências dos portfólios bibliográficos, observado na Tabela 1.

Com isso, destacou-se o artigo “*Multiple Resources and Mental Workload*” com grande número de citações (28,8% -892 citações entre referências e Google Acadêmico), e autores com maior número de artigos nas referências do portfólio internacional, ou seja, artigos de destaque escritos por autores de destaque.

Quanto ao portfólio nacional observa-se, na Tabela 1, que os artigos “Impacto das atividades profissionais na saúde física e mental dos policiais civis e militares do Rio de Janeiro (RJ, Brasil)” (27,1% -74 citações entre referências e Google Acadêmico) e “Estresse ocupacional em mulheres policiais” (27,8 % - 76 citações entre referências e Google Acadêmico) se sobressaem nas referências por serem utilizados como referencial teórico.

A última análise do cruzamento das informações e referências dos portfólios bibliográficos comparou o número de artigos do autor dentro dos portfólios bibliográficos com o número de vezes que o autor foi mencionado nas referências.

É possível verificar que DIDOMENICO, A. – 2008 (3,5% - 181 artigos entre portfólio e referências) e WICKENS, C. D - 2008 (2,5% -130 artigos entre portfólio e referências) foram destaque tanto nas referências quanto nos portfólios; e ii) BROKHUIS, K. A - 2009 (3,1% - 158 artigos entre portfólio e referências) e NUSSBAUM, M. A. - 2011 (2% -105 artigos entre portfólio e referências) destacam-se por terem três artigos dentro do portfólio internacional. Em relação ao portfólio nacional, o único autor com publicação utilizada nas referências dos demais estudos e com mais de uma publicação compondo o portfólio é MINAYO, M. C.S. - 2011; (38,1% - 21 artigos entre portfólio e referências) enquanto os demais possuem somente um artigo no portfólio nacional e nenhum nas referências.

Assim, após a construção do portfólio e a análise bibliométrica, foi desenvolvida a etapa onde os artigos foram analisados quanto seus conteúdos com base em uma adaptação das lentes que integram o processo Proknow-C.

4.1.2 Análise de conteúdo

Embora a análise bibliométrica permita evidenciar periódicos e autores de destaque na produção científica em determinado tema de interesse, é na análise de conteúdo que reside a principal contribuição de um artigo em uma revisão de literatura como esta. Assim, nesta secção, são descritas as análises realizadas a partir da leitura integral dos artigos dos portfólios bibliográficos de forma a verificar seu enquadramento frente às questões apontadas na secção de Método.

Então, para apresentar os resultados, criou-se a Tabela 2 que apresenta um identificador utilizado ao longo do texto nas discussões ligado aos artigos por meio de suas referências desde que estejam coesos com determinado foco de análise do conteúdo.

Tabela 2 - Resultados da Análise de Conteúdo

Autores dos artigos do portfólio	Identificador da Discussão – Foco da Análise de Conteúdo				
	<i>F1 - É possível acessar a carga mental dos trabalhadores?</i>	<i>F2 - Existem métodos específicos para acessar, capturar e mensurar a carga mental?</i>	<i>F3 - Esses métodos são utilizáveis em qualquer campo de pesquisa</i>	<i>F4 - Os artigos identificam indicadores relacionados à carga mental</i>	<i>F5 - Os métodos apresentados podem ser implementados em um software?</i>
AHMED, S. et al (2016)	X	X	X	X	X
ANCHIETA, V. C. C. et al (2011)	X	X			
ARELLANO et al., 2012	X	X	X	X	X
AYAZ, H. et al (2012)	X	X		X	
BALLARDIN, L.; GUIMARÃES, L.B.M. (2009)	X	X	X	X	X
BERNARDINO, J.F. TEDESCHI, M.A (2015)	X	X	X	X	X
BRAGA, C.O.; ABRAHÃO, R.F.; TERESO, M.J.A. (2009)	X	X	X	X	X
BYRNE et al., 2010	X	X	X	X	X
DADI et al., 2014	X	X	X	X	X
DARVISHI et al., 2016	X	X	X	X	X
DEWI, D. S.; SEPTIANA, T. (2015)	X	X	X	X	X
DIDOMENICO, A.; NUSSBAUM, M. A. (2008)	X	X	X	X	X
DIDOMENICO, A.; NUSSBAUM, M. A. (2011)	X	X	X		

continua

Tabela 2 - Resultados da Análise de Conteúdo

continuação

Autores dos artigos do portfólio	Identificador da Discussão – Foco da Análise de Conteúdo				
	<i>F1 - É possível acessar a carga mental dos trabalhadores?</i>	<i>F2 - Existem métodos específicos para acessar, capturar e mensurar a carga mental?</i>	<i>F3 - Esses métodos são utilizáveis em qualquer campo de pesquisa</i>	<i>F4 - Os artigos identificam os indicadores relacionados à carga mental</i>	<i>F5 - Os métodos apresentados podem ser implementados em um software?</i>
DORRIAN, J.; BAULK, S. D.; DAWSON, D. (2011)	X	X	X	X	X
ERASLAN; CAN; ATALAY, 2016	X	X	X	X	X
FALLAHI, M. et al (2016a)	X	X	X	X	X
FALLAHI, M. et al. (2016b)	X	X	X	X	X
FERREIRA, M. M.; FERREIRA, C. (2014)	X	X			
GOULD et al., 2009	X	X	X	X	X
GUIMARÃES, B.M. et al (2011)	X	X	X	X	X
HOOGENDOORN, R. et al (2010)	X	X	X	X	
KATAOKA; SASAKI; KANDA, 2011	X	X	X	X	X
KOCA et al., 2015	X	X	X	X	X
LEE et al., 2014	X	X	X	X	X
LEHRER et al., 2010	X	X	X	X	X
LIANG, S-F. M. et al. (2014)	X	X	X	X	X
LIN; LU, 2016	X	X	X	X	X

continua

Tabela 2 - Resultados da Análise de Conteúdo

continuação

Autores dos artigos do portfólio	Identificador da Discussão – Foco da Análise de Conteúdo				
	<i>F1 - É possível acessar a carga mental dos trabalhadores?</i>	<i>F2 - Existem métodos específicos para acessar, capturar e mensurar a carga mental?</i>	<i>F3 - Esses métodos são utilizáveis em qualquer campo de pesquisa</i>	<i>F4 - Os artigos identificam os indicadores relacionados à carga mental</i>	<i>F5 - Os métodos apresentados podem ser implementados em um software?</i>
LIANG, S-F. M. et al. (2014)	X	X	X	X	X
MANSIKKA, H. et al (2016)	X	X			
MARTIN et al., 2016	X	X	X	X	X
MAZLOUMI et al., 2016	X	X	X	X	X
MEHTA, R. K.; AGNEW, M. J. (2014)	X	X	X	X	X
MINAYO, M. C. S.; ASSIS, S. G.; OLIVEIRA, R. V. C. (2011)	X	X			
MITROPOULOS; MEMARIAN, 2012	X	X	X	X	X
MOUZÉ-AMADY et al., 2013	X	X	X	X	X
NIMBARTE, A. D. et al (2012)	X	X	X	X	X
OTHMAN; ROMLI, 2016	X	X	X	X	X
PERREY, S.; THEDON, T. RUPP, T., (2010)		X	X		
RESENDE, M.C. et al (2011)	X	X			
RUBIO-VALDEHITA; RODRIGO-TAPIAS, 2017	X	X	X	X	X

continua

Tabela 2 - Resultados da Análise de Conteúdo

continuação

Autores dos artigos do portfólio	Identificador da Discussão – Foco da Análise de Conteúdo				
	<i>F1 - É possível acessar a carga mental dos trabalhadores?</i>	<i>F2 - Existem métodos específicos para acessar, capturar e mensurar a carga mental?</i>	<i>F3 - Esses métodos são utilizáveis em qualquer campo de pesquisa</i>	<i>F4 - Os artigos identificam os indicadores relacionados à carga mental</i>	<i>F5 - Os métodos apresentados podem ser implementados em um software?</i>
SAFARI et al., 2013	X	X	X	X	X
SANT'ANNA, L.L.; PASCHOAL, T.; GOSENDO, E.E.M. (2012)	X	X			
SCERBO; BRITT; STEFANIDIS, 2017	X	X	X	X	X
SÖNMEZ et al., 2016	X	X	X	X	X
SOUZA, E. R. et al (2012)	X	X	X	X	X
ULHÔA, M. L. et al (2011)	X	X	X	X	X
WHEELLOCK et al., 2015	X	X	X	X	X
WIDYANTI, A. et al (2013)	X	X		X	
YANG et al., 2012	X	X	X	X	X
ZARE et al., 2016	X	X	X	X	X
ZHENG et al., 2012a	X	X	X	X	X
ZHENG et al., 2012b	X	X	X	X	X
ZONGMIN, W. et al (2014)	X	X	X	X	X

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

No decorrer da leitura dos artigos que compuseram os portfólios, observou-se que os três primeiros focos de análise se complementam, sendo que no primeiro foco procurou-se observar se seria possível, de alguma forma, acessar a carga mental dos trabalhadores.

A carga mental do trabalhador é um conceito derivado da noção de carga de trabalho e entendida genericamente como um campo onde há interação entre as exigências da tarefa e a capacidade de realização humana. O termo vem da Psicologia do Trabalho, proposta por Leplat e Cuny (1983), retomado pela ergonomia francesa e pelo *Human Factors* americano, sendo difundido no campo da Psicopatologia do Trabalho e da Saúde do Trabalhador. Com isso, estudos que deixam claro que a carga mental dos trabalhadores pode ser acessada por intermédio de alguma escala, são os que demonstram preocupação com a situação específica, que analisaram previamente o que deveria ser considerado nas tomadas de decisão tanto para realizar inferências quanto na gestão dos recursos humanos levando em consideração aspectos da carga mental (Identificador F1 - Tabela 2). Os artigos que concluíram que a carga mental não pode ser acessada dizem respeito a estudos utilizando métodos de pesquisa cuja avaliação da carga mental se deu por meio da interpretação de respostas discursivas, ou pela utilização de mecanismos ou dispositivos que monitoram respostas fisiológicas que posteriormente são interpretadas de forma a definir a carga mental (ANCHIETA, et al, 2011; ASSIS; OLIVEIRA, 2011; MINAYO et al, 2011; SOUZA, et al, 2012; FERREIRA; FERREIRA, 2014).

Sendo o objetivo deste trabalho elaborar um *framework* para a avaliação de carga mental, são enfatizadas as principais formas de medição da carga mental já citadas pela literatura, e que, frequentemente, são utilizadas nos estudos de ergonomia.

Quanto ao segundo foco de análise, buscou-se identificar nos estudos que compõem os portfólios quais os métodos e instrumentos adotados para mensurar ou explicitar a carga mental dos trabalhadores avaliados. Observa-se que a maioria dos artigos indicam que há métodos que permitem mensurar ou, ao menos, colocar a carga mental em uma escala (Identificador F2 - Tabela 2), sendo os mais citados o NASA-TLX e SWAT, conforme demonstra a Tabela 3.

Tabela 3 - Métodos de Avaliação de Carga Mental identificados no portfólio

Autores dos artigos do portfólio	Método de Avaliação de Carga Mental utilizado no artigo do portfólio
AHMED, S. et al, 2016	NASA-TLX
ANCHIETA, V. C. C. et al, 2011	Inventário do Trabalho e Riscos de Adoecimento (ITRA)
ARELLANO et al, 2012	NASA-TLX
AYAZ, H. et al, 2012	Espectroscopia funcional de infravermelho
BALLARDIN, L.; GUIMARÃES, L.B.M., 2009	NASA-TLX e questionário
BERNARDINO, J.F. TEDESCHI, M.A., 2015	NASA-TLX
BRAGA, C.O.; ABRAHÃO, R.F.; TERESO, M.J.A., 2009	NASA-TLX e Questionário de Avaliação Visual
BYRNE et al, 2010	NASA-TLX
DADI et al, 2014	NASA-TLX
DARVISHI et al, 2016	NASA-TLX
DEWI, D. S.; SEPTIANA, T., 2015	NASA-TLX
DIDOMENICO, A.; NUSSBAUM, M. A., 2008	NASA-TLX
DIDOMENICO, A.; NUSSBAUM, M. A., 2011	Variação do batimento cardíaco e Escala Visual
DORRIAN, J.; BAULK, S. D.; DAWSON, D., 2011	Escala de Fadiga de SamnePerelli e NASA-TLX
ERASLAN; CAN; ATALAY, 2016	SWAT
FALLAHI, M. et al, 2016a	Eletroneuromiografia (ENMG), Eletrocardiograma e NASA-TLX
FALLAHI, M. et al, 2016b	Eletroencefalograma (EEG), Eletrooculometria e SWAT
FERREIRA, M. M.; FERREIRA, C., 2014	Questionário
GOULD et al, 2009	NASA-TLX
GUIMARÃES, B.M. et al, 2011	Método SHTM (sistema homem-tarefa-máquina) de avaliação ergonômica; o diagrama de Corlett, para a avaliação do desconforto corporal; o questionário de avaliação do mobiliário; e o NASA - TLX
HOOGENDOORN, R. et al, 2010	Eletroneuromiografia (ENMG), Eletrocardiograma e NASA-TLX
KATAOKA; SASAKI; KANDA, 2011	NASA-TLX
KOCA et al, 2015	NASA-TLX

continua

Tabela 3 - Métodos de Avaliação de Carga Mental identificados no portfólio

continuação

Autores dos artigos do portfólio	Método de Avaliação de Carga Mental utilizado no artigo do portfólio
LEE et al, 2014	NASA-TLX
LEHRER et al, 2010	NASA-TLX
LIANG, S-F. M. et al, 2014	NASA-TLX
LIN; LU, 2016	NASA-TLX
LOPEZ et al, 2010	NASA-TLX
MANSIKKA, H. et al, 2016	ECG e Variação de batimento cardíaco
MARTIN et al, 2016	NASA-TLX
MAZLOUMI et al, 2016	NASA-TLX
MEHTA, R. K.; AGNEW, M. J., 2014	NASA-TLX e Eletroencefalografia (ENMG)
MINAYO, M. C. S.; ASSIS, S. G.; OLIVEIRA, R. V. C., 2011	Escala SRQ20 (Self Report Questionnaire)
MITROPOULOS; MEMARIAN, 2012	NASA-TLX
MOUZÉ-AMADY et al, 2013	NASA-TLX
NIMBARTE, A. D. et al, 2012	ENMG, NASA-TLX
OTHMAN; ROMLI, 2016	NASA-TLX
PERREY, S.; THEDON, T. RUPP, T., 2010	Espectroscopia funcional de infravermelho
RESENDE, M.C. et al, 2011	Questionário de Saúde Geral de Goldberg, Escala de Eventos Vitais, Inventário de Ansiedade Traço-Estado
RUBIO-VALDEHITA; RODRIGO-TAPIAS, 2017	NASA-TLX
SAFARI et al, 2013	NASA-TLX
SANT'ANNA, L.L.; PASCHOAL, T.; GOSENDO, E.E.M., 2012	Escala de Avaliação do Estilo Gerencial, Escala de Suporte Organizacional Percebido e Escala de Bem-Estar no Trabalho
SCERBO; BRITT; STEFANIDIS, 2017	NASA-TLX
SÖNMEZ et al, 2016	NASA-TLX
SOUZA, E. R. et al, 2012	<i>Self-Reported Questionnaire (SRQ-20)</i>
ULHÔA, M. L. et al, 2011	Job Stress Scale
WHEELLOCK et al, 2015	NASA-TLX
WIDYANTI, A. et al, 2013	ECG e Variação do Batimento Cardíaco
YANG et al, 2012	NASA-TLX
ZARE et al, 2016	NASA-TLX
ZHENG et al, 2012a	NASA-TLX
ZHENG et al, 2012b	NASA-TLX
ZONGMIN, W. et al, 2014	NASA-TLX

Percebe-se, a partir dos dados da Tabela 3, que em 73,5% (39 artigos) houve utilização do método NASA-TLX para mensuração e avaliação da carga mental de trabalho. E em 3,7%

(2 artigos) houve utilização do SWAT. Já os demais (22,6% - 12 artigos), relatam o uso de outras ferramentas e métodos, que em sua maioria exigem a utilização de *hardware* ou equipamentos específicos de laboratório, além de necessário expertise para implementação e interpretação dos exames, o que torna sua aplicação cara e inviável para ambientes empresariais e industriais (BRAGA; ABRAHÃO; TERESO, 2009, HOOGENDOORN, et al, 2010; PERREY; THEDON, RUPP, 2010; DIDOMENICO.; NUSSBAUM, 2011; DORRIAN; BAULK, ; DAWSON, 2011; GUIMARÃES et al, 2011; AYAZ et al, 2012; MINAYO et al, 2011; SOUZA, et al, 2012; WIDYANTI, 2013; MEHTA; AGNEW, 2014; FERREIRA; FERREIRA, 2014)

Evidenciando-se os métodos, ocorre a análise relacionada ao contexto de aplicação, visando observar os universos onde a aplicação desses métodos é indicada. Tanto no portfólio internacional, como na nacional, a maioria dos artigos deixa explícito que os métodos, em especial NASA-TLX e SWAT (Identificador F3 - Tabela 2), são aplicáveis em qualquer ambiente devido a sua composição ser subjetiva, mas graduada em escalas e dimensões, respectivamente.

O quarto foco busca analisar a forma como os artigos dos portfólios bibliográficos identificam indicadores relacionados à carga mental de trabalho. Observou-se que a maioria dos artigos, tanto do portfólio nacional como internacional, tem preocupação em avaliar indicadores que auxiliem a identificar e quantificar a carga mental dos trabalhadores (Identificador F4 –Tabela 2). É importante realizar investigações que permitam aos gestores e pesquisadores um diagnóstico amplo da situação, tendo como objetivo a visualização do objeto e ambiente de trabalho em termos ergonômicos abrangentes. Por isso, deve-se investigar aspectos de carga mental e refletir a necessidade de aperfeiçoar o processo de conhecimento e de mudanças na organização de trabalho, objetivando a promoção de conforto, segurança e saúde do trabalhador de forma a influenciar na sua qualidade de vida (DIDOMENICO, A.; NUSSBAUM, M. A. 2011).

Quanto à implementação dos métodos em um *software* (Identificar F5 – Tabela 2), buscou-se- observar, a partir dos indicadores relacionados à carga mental de trabalho, os métodos e/ou escalas que possibilitassem a construção de um *software* como forma de ampliar o acesso aos métodos pelos ergonômicos e estudiosos e, ainda, proporcionar uma forma de facilitar a aplicação desses métodos em diferentes contextos.

Para colocar um método já firmado na comunidade acadêmica dentro de um sistema informatizado, é necessário que o método tenha variáveis que podem ser transformadas em métricas ou dados numéricos. Nos portfólios avaliados, observou-se uma predominância da

aplicação dos métodos NASA-TLX e SWAT, como explicitado na Tabela 3, sendo que ambos são compostos por dimensões e escalas numéricas o que possibilita sua implementação em um *software*.

4.2 FRAMEWORK PARA AVALIAÇÃO DE CARGA MENTAL

Quando se faz a avaliação de carga mental, em um determinado contexto, juntamente com a avaliação física, os ergonomistas podem conhecer as capacidades e limitações do trabalhador, características da organização e quantificar os resultados (CARDOSO; GONTIJO, 2012). A carga mental pode ser avaliada a partir da exigência de certa tarefa dentro de um período de tempo ou mesmo em relação aos constrangimentos que a tarefa oferece ao longo de um período de tempo. Como a capacidade mental do ser humano é um recurso limitado, observa-se que a fadiga mental se trata de uma sobrecarga recebida pelo indivíduo o que gera um excesso de esforço, no entanto, também pode ser devida a uma subcarga que leva ao tédio e a monotonia (BUSH, 2012; FALZON, SAUVAGNAC, 2007).

Para Rezende, Custodio e Mello (2014), a carga mental não está relacionada somente à tarefa a ser realizada, mas também, com prazos e a percepção da dificuldade da tarefa. Os fatores externos também influenciam na carga mental como problemas na família e financeiros (problemas pessoais), capacidade intelectual, idade e experiências anteriores (socioculturais) e ruídos, calor, vibração (ambientais) (CARDOSO, GONTIJO, 2012).

Há diversas formas de mensurar a carga mental de uma pessoa, sendo que essas técnicas podem ser divididas em categorias conforme evidenciou-se no Quadro 3.

Dentre essas categorias, segundo Rubio et al (2004) e Arellano et al (2012), as medições subjetivas são as mais utilizadas devido à facilidade de implantação, não intromissão, baixo custo, facilidade de validação, alta capacidade de atualização e boa aceitação pelos trabalhadores. Rezende, Custódio e Mello (2014) analisaram cinco métodos subjetivos mais utilizados, sendo eles: Bedford Scale, MHC Scale, NASA-TLX, SWAT e WP, o que corrobora com a análise da literatura realizada por esse estudo, tendo em vista que em diferentes estudos observou-se que as técnicas subjetivas fornecem informações importantes da avaliação da carga mental dos indivíduos, já que possibilitam a análise frente diferentes vertentes e tem um tempo de resposta compatível com os contextos, visto que a resposta pode ser avaliada logo depois que a técnica foi aplicada. Sendo assim, há diferentes métodos subjetivos de mensuração da fadiga mental e cada pesquisador utiliza o método que mais lhe agrada (REZENDE, CUSTÓDIO, MELLO, 2014).

Para tanto, a partir dos resultados evidenciados na Tabela 2 e na Tabela 3, selecionou-se os dois métodos mais relevantes na literatura científica internacional e nacional sendo o NASA-TLX (73,5% de relevância) e o SWAT (3,7% de relevância) sendo suas descrições feitas a seguir.

4.2.1 Técnicas de Mensuração da Carga mental selecionados

4.2.1.1 NASA – TLX: Task Load Index

Como observou-se na fundamentação teórica, os estudos com medidas subjetivas tiveram início em 1969 por Cooper e Harper por meio da escala que leva seus nomes, a qual é unidimensional e tinha como foco mensurar a carga mental de pilotos e engenheiros de testes que desempenhavam tarefas de voo e, a partir dela surge duas vertentes que originaram os métodos conhecidos atualmente como NASA-TLX e SWAT (CARDOSO, 2010)

O Índice de Carga de Tarefa NASA foi desenvolvido por um grupo denominado *Human Performance Group*, que atuava no Centro de Pesquisas Ames da NASA e foi descrito por Hart e Staveland (1988) como um procedimento de taxa multidimensional que fornece uma pontuação global da carga mental de trabalho baseada em uma média ponderada das seis escalas avaliadas: demanda física, demanda mental, demanda temporal, desempenho próprio, esforço e frustração (CARDOSO, 2010).

Para Hart e Staveland (1988), a carga de trabalho mental não é uma propriedade inerente, mas depende das circunstâncias do momento de realização da tarefa, dos requisitos para fazê-la e das habilidades e percepções do trabalhador. Com isso, os autores propuseram um *framework* conceitual baseado em diferentes fontes que podem modificadoras da carga de trabalho, estas foram enumeradas e relacionadas. O *framework* denominado Escala de Avaliação Bipolar da NASA tinha as seguintes escalas: pressão temporal, tipo de atividade, dificuldade da tarefa, esforço mental, esforço físico, frustração, estresse, fadiga e desempenho próprio.

Usando como instrumento o *framework*, foram analisados os dados de cada experimento para verificar a sensibilidade das escalas individuais, classificações gerais da carga de trabalho e pontuações ponderadas da carga de trabalho. Na sequência os dados semelhantes foram mesclados em seis categorias. Baseados nesses dados, bem como em toda base de dados, foram realizadas análises correlacionais e de regressão para determinar a associação estatística entre

as classificações e o grau em que essas escalas, tomadas como grupo, prognosticavam as classificações gerais da carga de trabalho. A partir do resultado dessas análises foram então usados para selecionar um conjunto limitado de escalas e o procedimento de ponderação para uma nova técnica multidimensional de classificação da carga mental de trabalho (HART; STAVELAND, 1988).

Propõe-se, então, o NASA – TLX, que é composto por seis escalas de componentes, donde três dimensões dizem respeito às demandas impostas ao sujeito (mental, física e temporal) e três à interação do sujeito com a tarefa (frustração, esforço e performance). A média ponderada dessas seis escalas, para refletir a contribuição de cada um dos fatores na carga de trabalho de uma determinada atividade, foi proposta como uma medida integrada da carga mental de trabalho global (HART, 1986). Cada uma das definições das escalas ou dimensões é apresentada no Quadro 8.

Quadro 8 - Definição de escalas do NASA-TLX

DEMANDA MENTAL	Baixa/Alta	Quantidade de atividade mental e de percepção foi necessária (Ex.: pensar, decidir, calcular, lembrar, olhar, procurar, etc.). A atividade foi fácil ou difícil? Simples ou complexa? Exigente ou calma?
DEMANDA FÍSICA	Baixa/Alta	Quantidade de atividade física necessária (Ex.: Empurrar, puxar, virar, controlar, ativar, etc.). A atividade foi fácil ou difícil? Calma ou perturbadora? Lenta ou extenuante? Reposante ou trabalhosa?
DEMANDA DE TEMPO	Baixa/Alta	Quantidade de pressão em função do ritmo ou andar das etapas da tarefa ou da tarefa em geral. O ritmo foi calmo e vagaroso ou rápido e frenético?
DESEMPENHO	Bom/Ruim	Percepção de sucesso no desempenho das tarefas. Quão satisfeito ficou com seu desempenho no cumprimento das tarefas?
ESFORÇO	Baixo/Alto	Quão duro você teve que trabalhar (mentalmente e fisicamente) para atingir seu nível ou desempenho?
FRUSTRAÇÃO	Baixa/Alta	Quão inseguro, desanimado, irritado, estressado, aborrecido você se sentiu durante a tarefa.

Fonte: Adaptado de Manual do NASA-TLX (1986)

De acordo com Hart (1986) a aplicação do NASA-TLX é dividida em cinco eventos:

1. Instruções: são explicadas as escalas e as instruções necessárias para o preenchimento do NASA-TLX aos participantes;
2. Familiarização: os participantes utilizam as escalas após praticar alguma atividade para garantir que o procedimento foi entendido;
3. Avaliações: os participantes realizam as atividades e preenchem as seis escalas. O número de avaliações deve ser igual ao número de tarefas multiplicada pelo número de sujeito;

4. Pesos: os participantes preenchem os formulários dos pesos, por meio dos círculos em cada par de fatores comparados, de acordo com cada tarefa;

5. Resumo: o pesquisador e/ou ergonômista realiza a conferência das avaliações de cada participante e calcula o índice da carga mental de trabalho individual.

Percebe-se que a aplicação do método se segmenta em duas fases: a fase inicial consiste na definição de pesos das seis escalas componentes no desenvolvimento de determinada tarefa. Os pesos influenciam duas fontes de variabilidade entre avaliadores: diferença na definição de carga de trabalho de determinada tarefa por conta da percepção de avaliadores; e diferença nas fontes de carga de trabalho entre tarefas. Adicionalmente, os pesos provêm informações de diagnóstico relacionada à determinada tarefa. Na Figura 6, é apresentado o formulário, conforme Hart (1986), que consiste em uma escala discreta, representada por uma linha de 12 centímetros de comprimento dividida em 20 partes iguais, possuindo descrições bipolares nos extremos e marcados de 5 em 5 pontos que variam de 0 a 100. Caso o participante marque entre duas marcas, o valor considerado corresponderá ao marco da direita.

Figura 6 - Formulário de indicação de pesos NASA-TLX

DEMANDA MENTAL

Baixa Alta

DEMANDA FÍSICA

Baixa Alta

DEMANDA DE TEMPO

Baixa Alta

DESEMPENHO

Bom Ruim

ESFORÇO

Baixo Alto

FRUSTRAÇÃO

Baixa Alta

Fonte: Adaptado de Manual NASA-TLX (1986)

A segunda fase da avaliação consiste da comparação de 15 combinações pareadas das seis sub-escalas, onde o respondente deve assinalar qual elemento do par, segundo seu entendimento, tem maior contribuição na carga da tarefa realizada, sendo o cálculo feito pela contagem dos componentes selecionados que pode variar de 0 (não considerando relevante nenhuma vez) a 5 (considerado relevante todas (cinco) vezes). Na Figura 7, é apresentado o modelo de pareamento de componentes conforme o manual de aplicação do NASA-TLX (1986).

Figura 7 - Cartões de comparação de fontes de carga de trabalho

Esforço ou Desempenho	Demanda de tempo ou Frustração	Frustração ou Esforço	Desempenho ou Demanda mental
Demanda de tempo ou Esforço	Demanda física ou Frustração	Desempenho ou Demanda de tempo	Demanda mental ou Esforço
Demanda mental ou Frustração	Demanda física ou Demanda de tempo	Demanda mental ou Demanda física	Esforço ou Demanda física
Demanda física ou Desempenho	Demanda de tempo ou Demanda mental	Frustração ou Demanda mental	

Fonte: Adaptado de Manual NASA-TLX (1986)

A contagem das seleções realizadas pelo avaliado quanto às comparações de pares de escalas, conforme apresentado na Figura 7, deve ser registrada pelo avaliador de alguma forma, sendo o instrumento original de controle proposto pelos elaboradores do método exemplificado na Figura 8.

Figura 8 - Planilha de controle de contagem de cargas de trabalho

Planilha de contagem de fontes de carga de trabalho		
Título da escala	Contagem	Peso
DEMANDA MENTAL		
DEMANDA FÍSICA		
DEMANDA DE TEMPO		
DESEMPENHO		
ESFORÇO		
FRUSTRAÇÃO		

Contagem total = _____

(NOTA – A contagem total é incluída como forma de checagem. Se a contagem total não for igual a 15 houve erro de contagem. Além disso, nenhum peso deve ter valor maior que 5)

Fonte: Adaptado de Manual do NASA-TLX (1986)

Por meio da aplicação do método, o avaliador obterá, no mínimo, um formulário de indicação de pesos de escalas (Figura 6) e uma planilha de controle de contagem de cargas de trabalho (Figura 8) para cada participante da avaliação. Coletadas as informações das avaliações, é possível, para cada avaliação, determinar a percepção de peso de cada uma das escalas além do cálculo do índice geral da avaliação. A Figura 9 mostra um exemplo de planilha de contagem de fontes de carga de trabalho com simulação de resultados, sendo possível notar que o peso individual das escalas é o produto da multiplicação do percentual atribuído pelo avaliado para a sub-escala e a contagem das seleções realizada pelo avaliado.

Figura 9 - Exemplo de cálculo de escore utilizando NASA-TLX

Planilha de contagem de fontes de carga de trabalho			
Título da escala	% segundo percepção do avaliado	Contagem	Peso
DEMANDA MENTAL	100	4	400
DEMANDA FÍSICA	25	0	0
DEMANDA DE TEMPO	100	2	200
DESEMPENHO	60	1	60
ESFORÇO	70	3	210
FRUSTRAÇÃO	100	5	500
		Soma	1370
		Contagem total	15
		Escore*	91

* Escore arredondado

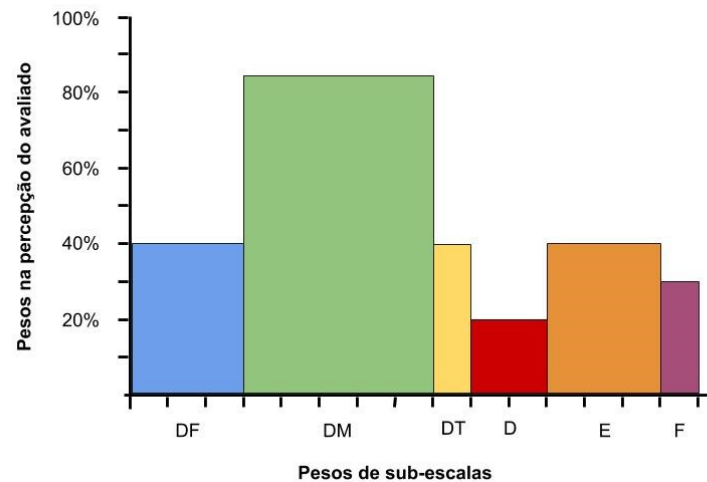
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O índice geral de carga de trabalho mental (escore) é o resultado da divisão entre a soma geral dos pesos (obtido do somatório do peso de cada um dos seis componentes) pela contagem total dos componentes, que é 15. A partir da mensuração da carga mental pelo indivíduo, o ergonomista ou pesquisador pode avaliar a carga mental total (escore) e a contagem de cada um dos seis componentes da carga de cada indivíduo, que é o percentual de cada um deles em relação a carga total (HART, STAVELAND, 1988)

$$\frac{\sum_{i=1}^6 (Peso_i \times Contagem_i)}{15}$$

Com as informações de cálculo, é possível representar, graficamente, a composição das cargas de trabalho, conforme a Figura 10:

Figura 10 - Composição de cargas de trabalho



Fonte: Adaptado de Manual do NASA-TLX (1986)

Para Hart (2006), o esquema de taxas e pesos garante um aumento na sensibilidade da técnica possibilitando que ela detecte altas e baixas taxas de carga mental. Ainda, de acordo com Hart e Steveland(1988), a aplicação da técnica não demanda muito tempo, o que torna sua aplicação muito prática em ambientes operacionais. Além disso, o NASA-TLX é bem aceito pela ergonomia, psicologia industrial e interação humano-máquina e, de acordo com Rubio et al (2002), se o objetivo for mensurar a carga mental é recomendável a aplicação do NASA-TLX.

De maneira geral, a partir da leitura dos artigos dos portfólios bibliográficos internacional e nacional, bem como as informações tabulados nas Tabelas 2 e 3, percebe-se que os pesquisadores que utilizaram o NASA-TLX seguiram o modelo indicado por Hart e Staveland (1988) e realizaram sua aplicação após os trabalhadores completarem a tarefa a ser mensurada, isto é, apesar de o método ter sido desenvolvido para a aviação, foi aplicado em tarefas distintas e com diferentes níveis de dificuldades, após completar o turno ou um dia de trabalho, após realização de procedimentos cirúrgicos ou ao final de um ensaio. Ainda, observou-se que a aplicação do método é de forma manual, ou seja, em formulários impressos que são posteriormente tabulados em *softwares* aplicativos do tipo planilha eletrônica para então obterem-se os resultados da carga de trabalho dos participantes (DIDOMENICO; NUSSBAUM, 2008; BALLARDIN; GUIMARÃES, 2009; BRAGA; ABRAHÃO.; TERESO, 2009; GOULD et al., 2009; BYRNE et al., 2010; HOOGENDOORN et al, 2010; LEHRER et al., 2010; LOPEZ et al., 2010; DORRIAN; BAULK; DAWSON, 2011; GUIMARÃES et al, 2011; KATAOKA; SASAKI; KANDA, 2011; ARELLANO et al., 2012; MITROPOULOS;

MEMARIAN, 2012; NIMBARTE et al, 2012; YANG et al., 2012; ZHENG et al., 2012a; ZHENG et al., 2012b; MOUZÉ-AMADY et al., 2013; SAFARI et al., 2013; DADI et al., 2014; LEE et al., 2014; LIANG et al. 2014; MEHTA.; AGNEW,2014; ZONGMIN et al 2014; BERNARDINO, TEDESCHI, 2015; DEWI ; SEPTIANA 2015; KOCA et al., 2015; WHEELOCK et al., 2015; AHMED,. et al 2016; DARVISHI et al., 2016; FALLAHI et al, 2016a; LIN; LU, 2016; MARTIN et al., 2016; MAZLOUMI et al., 2016; OTHMAN; ROMLI, 2016; SÖNMEZ et al., 2016; ZARE et al., 2016; RUBIO-VALDEHITA; RODRIGO-TAPIAS, 2017; SCERBO; BRITT; STEFANIDIS, 2017). Com a informatização do método, torna-se possível a aplicação em múltiplos participantes em um tempo menor, além da obtenção dos resultados logo após a sua aplicação, facilitando a implementação de medidas de segurança e conforto no trabalho, bem como nos processos de tomada de decisão.

4.2.1.2 SWAT – *Subjective Workload Assessment Technique*

Como abordado na seção 4.2.1.1 que fala sobre o NASA-TLX, o estudo da carga de trabalho por meio das medidas subjetivas teve início com Cooper e Harper, em 1969, por meio da Escala de Cooper Harper, uma escala unidimensional que originou os métodos atualmente conhecidos como SWAT e NASA-TLX, esses, por sua vez, multidimensionais (CARDOSO, 2010).

Inicialmente, a Escala de Cooper Harper originou a Escala de Sheridan – Simpson que utilizava três dimensões subjetivas de avaliação de carga. Essa escala, por sua vez, sofreu novas alterações até originar o método de Reid, Shingledecker e Eggemeier (1981), no qual indica-se a carga mental de uma tarefa ou atividade por meio da mensuração de três dimensões: tempo, estresse e esforço mental, denominado SWAT ou *Subjective Workload Assessment Technique* (CARDOSO, 2010).

O desenvolvimento do método SWAT foi orientado por três princípios: (i) desenvolver uma medida tão precisa quanto possível, minimizando a intromissão do procedimento de coleta de dados sobre a situação operacional; (ii) colocar restrições mínimas de medição na complexidade da tarefa de julgamento que é exigida dos operadores que fazem avaliações de carga de trabalho; e (iii) fornecer um mecanismo para testar a validade do modelo formal de medição (REID; NYGREN, 1988).

Este método utiliza três fatores para determinar a carga mental de uma atividade: tempo, esforço mental e estresse. Além disso, cada uma das dimensões é avaliada por uma escala de três pontos composta de três níveis, conforme o Quadro 9.

Quadro 9 - Dimensões do SWAT

Dimensões	Definições
Carga Temporal	<ul style="list-style-type: none"> - Normalmente sobra tempo: com possibilidade de pausas durante a realização do trabalho. - Às vezes sobra tempo: há possibilidade de realizar pausas, porém com uma frequência não muito definida. - Raramente sobra tempo (nunca ou quase nunca): raramente sobra tempo para o trabalhador fazer pausas.
Carga de Esforço Mental	<ul style="list-style-type: none"> Pouca exigência mental: o trabalho é fácil de realizar, não exigindo muito da capacidade mental (atenção, memória, concentração, percepção). - Moderada exigência mental: o trabalho exige moderada capacidade de concentração, atenção, memória, percepção. - Alta/elevada exigência mental: quando o trabalho requer muito de suas capacidades mentais (atenção, concentração, percepção e memória).
Carga de Estresse Psicológico	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo nível de estresse durante a execução dos trabalhos, o ambiente motiva para o trabalho e proporciona que o trabalhador se mantenha em equilíbrio. - Moderado nível de estresse: quando ocorrências do trabalho podem impactar o equilíbrio do trabalhador. - Elevado nível de estresse: quando ocorrências do trabalho sempre impactam o equilíbrio do trabalhador

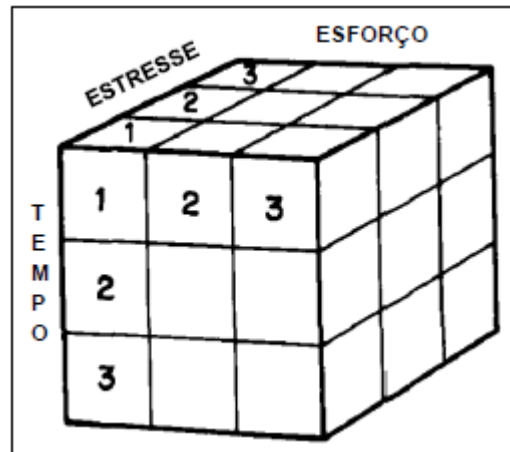
Fonte: Adaptado de Reid, Potter e Bresler (1989)

A aplicação do SWAT consiste em duas fases: a fase de obtenção da escala da carga de trabalho mental e a fase de avaliação dos níveis de carga mental.

Na primeira fase realiza-se o desenvolvimento da escala, segundo a importância que os avaliadores dão a cada uma das dimensões como fonte de carga mental. Esse procedimento é realizado antes da tarefa e para obtenção dos dados da escala é realizada uma combinação entre os três níveis das três dimensões, totalizando 27 combinações.

Essas combinações são definidas por uma matriz tridimensional evidenciada na Figura 11. Com isso, os trabalhadores irão ordenar as 27 combinações em ordem crescente de acordo com a classificação dos níveis de carga de trabalho representados por cada combinação (CARDOSO, 2010).

Figura 11 - Matriz tridimensional das dimensões do SWAT



Fonte: Reid e Nygren (1988)

Esse procedimento, de acordo com Reid, Shingledecker e Eggemeier (1981), pode ser realizado por meio da organização de um baralho com as 27 combinações, sendo que em cada carta terá um descritor para cada uma das dimensões (Quadro 10). O participante é instruído a basear sua decisão na sua experiência geral e não em qualquer situação particular da tarefa para colocar as cartas em ordem da menor carga de trabalho para a maior carga de trabalho.

Quadro 10 - Exemplo de cartão

Normalmente sobra tempo: com possibilidade de pausas durante a realização do trabalho.
Moderada exigência mental: o trabalho exige moderada capacidade de concentração, atenção, memória, percepção.
Elevado nível de estresse: quando ocorrências do trabalho sempre impactam o equilíbrio do trabalhador.

Fonte: Adaptado de Reid, Potter e Bresler (1989)

Na próxima etapa, o ergonomista ou pesquisador avalia a sequência colocada pelo indivíduo através de um sistema computadorizado específico de análise conjunta. Com o resultado da análise conjunta é realizada a segunda fase, que é realizada após as tarefas, e consiste na determinação dos valores de carga mental para cada uma das dimensões, atribuindo um valor de 1 a 3, para cada tarefa ou segmento de tarefa. Essa combinação vai ser equivalente ao valor de um dos 27 cartões organizados anteriormente. Dessa forma, esses valores serão convertidos em uma pontuação geral de carga de trabalho, encontrando o valor da escala associado à combinação durante a fase do desenvolvimento da escala, conforme o cartão gerado. Essas pontuações, posteriormente, podem ser utilizadas em uma análise da diferença na carga de trabalho associada ao desempenho das tarefas (CARDOSO, 2012; REID, NYGREN, 1988).

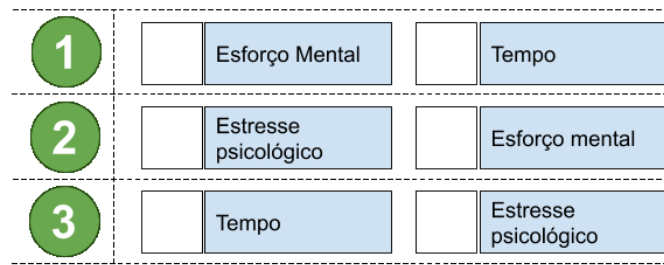
De acordo com Hart e Staveland (1989), o método SWAT não é tão prático quanto o NASA-TLX, pois a utilização do programa de análise conjunta faz com que o pesquisador ou ergonomista precise parar a técnica para depois retomá-la com a avaliação da sequência dos cartões. Ainda, Luximon e Goonetilleke (1998) destacam o tempo de organização dos cartões como uma desvantagem, além de a técnica não possuir sensibilidade significativa em relação a baixa carga mental.

Já para Fallahi et al (2016), a escala em intervalo do método SWAT é um diferencial que facilita a avaliação por parte dos entrevistados. Além disso, o método pode ser aplicado durante a realização da tarefa devido a sua simplicidade e rapidez, no entanto o procedimento de formulação das escalas, a aplicação e análise de dados é demorada, apresenta baixa sensibilidade e depende tanto da compreensão quanto ao acesso ao sistema computadorizado de análise conjunta que tem se tornado cada vez mais difícil e, ainda, pode gerar resultados equivocados e que não são passíveis de generalização em muitos casos (FALLAHI et al, 2016).

Por esses motivos, pesquisadores e ergonomistas que desejam utilizar o método acabam buscando adaptações do SWAT. Em um estudo realizado por Luximon e Goonetilleke (2001), foram avaliadas cinco variações do SWAT, dentre as quais concluiu-se que a variação que utiliza a comparação por pares e uma escala tem maior sensibilidade, menor tempo de aplicação, além de dispensar a utilização do programa computacional para análise conjunta. Essa técnica denominada “SWAT Simplificado” (*Simplified* SWAT ou S-SWAT) foi comparada ao NASA-TLX e mostrou-se igualmente eficaz (DEY, MANN, 2010).

Para aplicação do método SWAT Simplificado, utilizou-se o protocolo estabelecido por Luximon e Goonetilleke (2001) e Rezende (2015) onde, em um primeiro momento apresenta-se a descrição das dimensões aos avaliados. Na sequência apresenta-se um quadro, como da Figura 12, onde o avaliado deve marcar a dimensão que mais influencia seu trabalho.

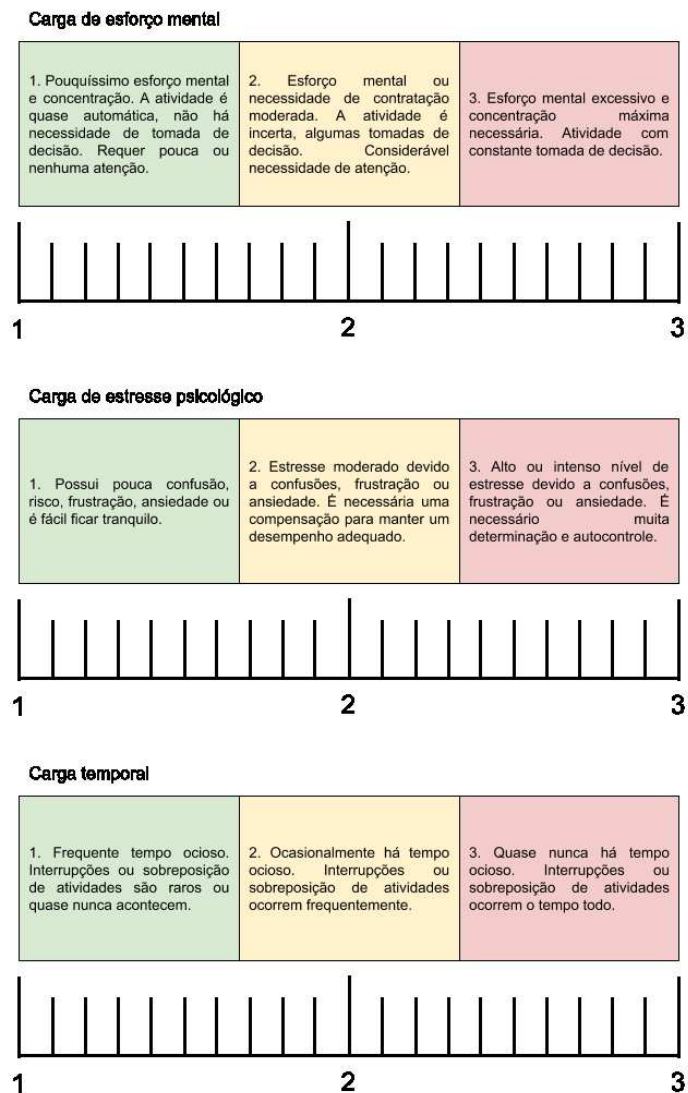
Figura 12 - Avaliação por pares do SWAT Simplificado



Fonte: Adaptado de Rezende (2015)

Com isso, para atribuição dos pesos, assim como descrito no método NASA-TLX, utilizam-se as escalas, onde o avaliado deve selecionar qualquer ponto da régua (escala discreta), conforme demonstra a Figura 13.

Figura 13 - Escalas discretas SWAT Simplificado



Fonte: Rezende (2015)

Para o cálculo da carga mental global, conforme descreve Luximon e Goonetilleke (2001), faz-se um esquema de ponderação como o da escala NASA-TLX (HART, STAVELAND, 1988), donde os pesos utilizados são de 0, 1/3 ou 2/3, conforme a equação:

$$\frac{\sum_{i=1}^3 (Peso_i \times Contagem_i)}{6}$$

Percebe-se, então, a partir da análise de conteúdo apresentada anteriormente na seção 4.1.2, que diversos autores (DIDOMENICO; NUSSBAUM, 2008; BALLARDIN; GUIMARÃES, 2009; BRAGA; ABRAHÃO.; TERESO, 2009; GOULD et al., 2009; BYRNE et al., 2010; HOOGENDOORN et al, 2010; LEHRER et al., 2010; LOPEZ et al., 2010; DORRIAN; BAULK; DAWSON, 2011; GUIMARÃES et al, 2011; KATAOKA; SASAKI; KANDA, 2011; ARELLANO et al., 2012; MITROPOULOS; MEMARIAN, 2012; NIMBARTE et al, 2012; YANG et al., 2012; ZHENG et al., 2012a; ZHENG et al., 2012b; MOUZÉ-AMADY et al., 2013; SAFARI et al., 2013; DADI et al., 2014; LEE et al., 2014; LIANG et al. 2014; MEHTA.; AGNEW,2014; ZONGMIN et al 2014; BERNARDINO, TEDESCHI, 2015; DEWI ; SEPTIANA 2015; KOCA et al., 2015; WHEELLOCK et al., 2015; AHMED,. et al 2016; DARVISHI et al., 2016; ERASLAN; CAN; ATALAY, 2016; FALLAHI et al, 2016a; FALLAHI. et al. 2016b; LIN; LU, 2016; MARTIN et al., 2016; MAZLOUMI et al., 2016; OTHMAN; ROMLI, 2016; SÖNMEZ et al., 2016; ZARE et al., 2016; RUBIO-VALDEHITA; RODRIGO-TAPIAS, 2017; SCERBO; BRITT; STEFANIDIS, 2017) utilizam os métodos subjetivos e multidimensionais de mensuração da carga mental NASA-TLX e o SWAT, este especialmente em sua versão simplificada, devido as dificuldades já expostas (USCH, 2012; CARDOSO, GONTIJO, 2012; DEY, MANN, 2010; RUBIO et al, 2004; LUXIMON, GOONETILLEKE, 2001).

No entanto, assim como o NASA-TLX, para utilização do SWAT Simplificado, os formulários e cartões são impressos e entregues aos participantes para que respondam manualmente. Com as respostas em mãos, os pesquisadores que utilizaram o SWAT (ERASLAN; CAN; ATALAY, 2016; FALLAHI et al. 2016b) lançam os dados em um *software* aplicativo do tipo planilha eletrônica, onde realizam as tabulações e cálculos necessários para obtenção do escore geral da carga de trabalho. Observa-se que a utilização de um *software* que permita ao pesquisador e/ou ergonomista a escolha ou seleção de diferentes métodos, além de ampliar sua gama de resultados, possibilita uma aplicação mais rápida e eficaz dos métodos, visto que poderá ser aplicado para vários participantes em um mesmo período de tempo, os resultados podem ser calculados na sequência da finalização das respostas e, com isso, poderão

ser emitidos laudos ergonômicos com riqueza de informações que possibilitem a geração de conhecimento e auxiliar nas tomadas de decisão.

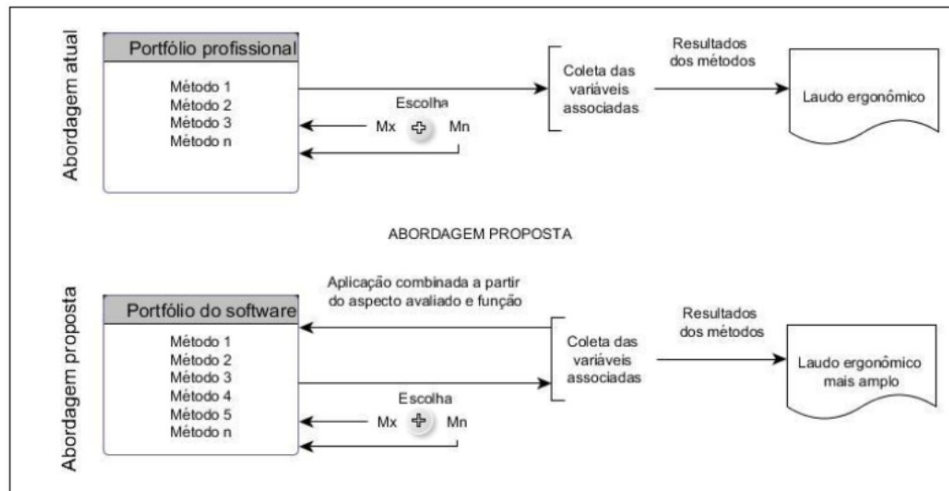
Como resultado da análise dos métodos NASA-TLX e SWAT, portanto, é possível identificar a viabilidade de desenvolvimento de um *framework* de avaliação de carga mental de forma a apresentar informações e aspectos de utilização de ambos os métodos, tanto a profissionais quanto pesquisadores, visando a correta utilização, o direcionamento do processo de aplicação, a agilização do processo de preparação (combinações do NASA-TLX, combinações e cálculo de pesos do SWAT, etc.) e de análise dos resultados. Sendo assim, o NASA-TLX e a versão simplificada do SWAT serão adotadas nessa pesquisa e comporão o *framework* conceitual.

4.2.2 Framework conceitual

Um *framework* tem um propósito definido, como fornecer bases para resolução de um problema ou auxiliar na visualização de uma situação, possibilitando a proposição de uma abordagem estruturada de solução ou fazer comparações entre diferentes abordagens (SHEHABUDDEEN et al, 2000). Em sua forma conceitual, os *frameworks* são utilizados para apresentar melhorias em abordagens práticas (LIMA; LEZANA, 2005; MIGUEL, 2012), além disso podem apoiar o desenvolvimento de métodos, técnicas, ferramentas e procedimentos (SHEHABUDDEEN et al, 2000). Para este estudo, um *framework* foi desenvolvido embasado na literatura analisada e em modelos propostos em estudos anteriores (BEM, COELHO, 2014; MIGUEL, 2012), especialmente o desenvolvido por Laperuta (2016).

A Figura 14 retoma o *framework* especialista/método proposto por Laperuta (2016) com a finalidade de trazer uma nova abordagem para o processo de avaliação ergonômica. Em geral, o especialista seleciona um ou mais métodos a partir do seu portfólio profissional para realizar as avaliações ergonômicas. A partir da escolha, de forma manual, inicia a coleta das variáveis associadas aos métodos registrando os dados em planilhas eletrônicas, *softwares* ou mesmo em papel, para cálculos e tabulações. Após a análise do resultado do(s) método(s) o laudo ergonômico é gerado com base na análise ergonômica e nas avaliações específicas (LAPERUTA, 2016). Com a nova abordagem, proposta por Laperuta (2016), é mantida a possibilidade de escolha de método ao especialista, mas, adicionalmente, são apresentados métodos com base no contexto e nos aspectos avaliáveis, proporcionando a ampliação do portfólio do especialista e a análise de aspectos por diferentes ângulos.

Figura 14 - Framework especialista/método



Fonte: Laperuta (2016)

Considerando-se que as transformações no modelo de produção, onde a automação de tarefas e processos e a introdução e presença maciça da informática alivia a execução de esforços físicos e aumenta consideravelmente a exigência cognitiva e mental, é enfatizada a demanda de mensuração e avaliação de carga mental. O Quadro 11 evidencia o cruzamento entre os dados relacionados à fundamentação teórica com os dados encontrados no Portfólio Bibliográfico e dados retirados das reuniões (requisitos, critérios e validações) com os atores utilizados para construção do *framework*.

Quadro 11 - Cruzamento entre fundamentação teórica, portfólio bibliográfico e discussões com atores

Pressupostos	Fundamentação teórica	Portfólio Bibliográficos	Atores
Avaliação da carga mental está associada ao contexto	MORAES; MONT'ALVÃO, 1998; ZARE et al, 2016; WIDYANTI, LARUTAMA; 2016; WILSON et al, 2017; TESI, AIELLO, GIANNETTI, 2018	AHMED, S. et al (2016); ARELLANO et al., 2012; BALLARDIN, L.; GUIMARÃES, L.B.M. (2009); BERNARDINO, J.F. TEDESCHI, M.A (2015)	Especialista A; B; C; D e E
O ambiente interfere na aplicação do método	TESI, AIELLO, GIANNETTI, 2018; LAPERUTA, 2016; GUIMARÃES, 2011; BUTMEE; LANSDOWN, 2017	BERNARDINO, J.F. TEDESCHI, M.A (2015); BRAGA, C.O.; ABRAHÃO, R.F.; TERESO, M.J.A. (2009); BYRNE et al., 2010; DADI et al., 2014	Especialista B; C e D
A existência de diferentes métodos pode dificultar o trabalho do ergonomista	CLEIN, TONELLO, PESSA.; 2014; DIAS et al, 2018; WAARD; LEWIS-EVANS, 2014; FINCANNON; AHLSTROM, 2016; FORSYTH et al, 2018	DARVISHI et al., 2016; DEWI, D. S.; SEPTIANA, T. (2015); DIDOMENICO, A.; NUSSBAUM, M. A. (2008); DORRIAN, J.; BAULK, S. D.; DAWSON, D. (2011)	Especialista B; D e E
A concentração dos métodos de carga mental em uma única plataforma	FORSYTH et al, 2018; ZARE et al, 2016; HALLBECK et al, 2017	DIDOMENICO, A.; NUSSBAUM, M. A. (2008); DORRIAN, J.; BAULK, S. D.; DAWSON, D. (2011); ERASLAN; CAN; ATALAY, 2016	Especialista A; B; C; D e E
A escolha do método deve ser realizada pelo ergonomista no momento da aplicação	SÖNMEZ, 2017; TESI, AIELLO, GIANNETTI, 2018	GOULD et al., 2009; GUIMARÃES, B.M. et al (2011); HOOGENDOORN, R. et al (2010)	Especialista B; C e D
Há métodos de avaliação de carga mental que são mais utilizados	JANSEN et al, 2016; LONGO, 2016; MANSIKKA, VIRTANEN, HARRIS, 2018	KATAOKA; SASAKI; KANDA, 2011; KOCA et al., 2015; LEE et al., 2014	Especialista A; B; C; D e E

continua

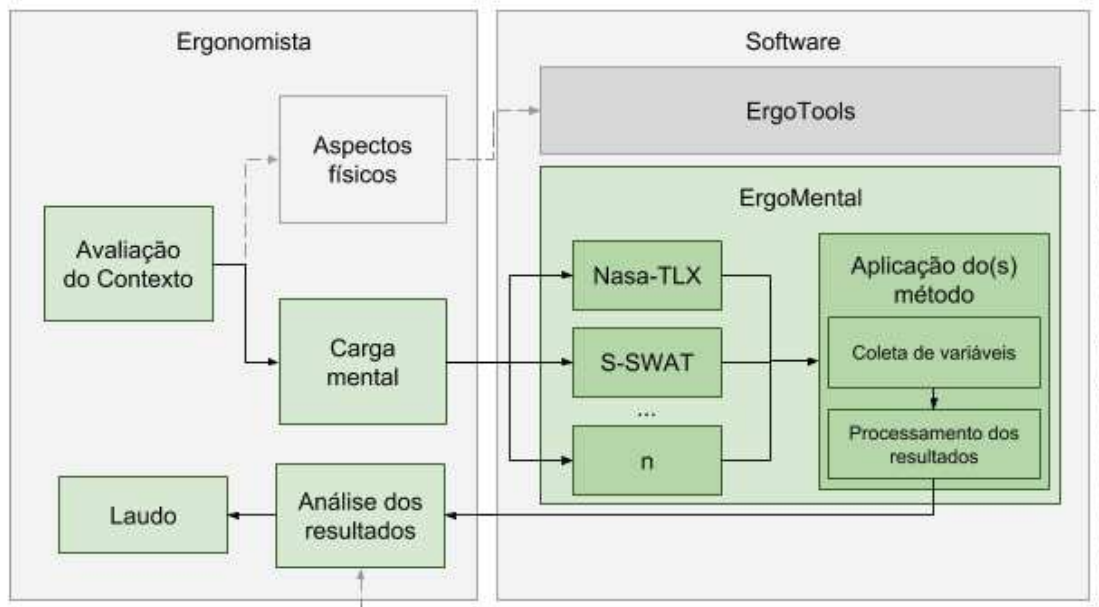
Quadro 11 - Cruzamento entre fundamentação teórica, portfólio bibliográfico e discussões com atores*continuação*

Pressupostos	Fundamentação teórica	Portfólio Bibliográficos	Atores
O método NASA-TLX deverá estar presente	LIN E LU (2016), RIVERA, ROMERO (2016); RUBIO-VALDEHITA, RODRIGO-TAPIAS (2017)	AHMED, S. et al (2016); ARELLANO et al., 2012; BALLARDIN, L.; GUIMARÃES, L.B.M. (2009); BERNARDINO, J.F. TEDESCHI, M.A (2015); BRAGA, C.O.; ABRAHÃO, R.F.; TERESO, M.J.A. (2009); BYRNE et al., 2010; DADI et al., 2014; DARVISHI et al., 2016; DEWI, D. S.; SEPTIANA, T. (2015); DIDOMENICO, A.; NUSSBAUM, M. A. (2008); DORRIAN, J.; BAULK, S. D.; DAWSON, D. (2011); GOULD et al., 2009; GUIMARÃES, B.M. et al (2011); HOOGENDOORN, R. et al (2010); KATAOKA; SASAKI; KANDA, 2011; KOCA et al., 2015; LEE et al., 2014; LEHRER et al., 2010; LIANG, S-F. M. et al. (2014; LIN; LU, 2016; LOPEZ et al., 2010; MARTIN et al., 2016; MAZLOUMI et al., 2016; MEHTA, R. K.; AGNEW, M. J. (2014); MITROPOULOS; MEMARIAN, 2012; MOUZÉ-AMADY et al., 2013; NIMBARTE, A. D. et al (2012; OTHMAN; ROMLI, 2016; RUBIO-VALDEHITA; RODRIGO-TAPIAS, 2017; SAFARI et al., 2013; SANT'ANNA, L.L.; PASCHOAL, T.; GOSENDO, E.E.M. (2012; SCERBO; BRITT; STEFANIDIS, 2017; SÖNMEZ et al., 2016; WHEELLOCK et al., 2015; YANG et al., 2012; ZARE et al., 2016; ZHENG et al., 2012 ^a ; ZHENG et al., 2012 ^b ; ZONGMIN, W. et al (2014)	Especialista A; B; C; D e E
O método SWAT deverá estar presente	WIDYANTI, LARUTAMA; 2016; WILSON et al, 2017; TESI, AIELLO, GIANNETTI, 2018	ERASLAN; CAN; ATALAY, 2016; FALLAHI, M. et al (2016a; FALLAHI, M. et al. (2016b)	Especialista A; B; C; D e E
Os resultados da avaliação devem ser apresentados em formato de relatório	FORSYTH et al, 2018 ZARE et al, 2016; HALLBECK et al, 2017; SÖNMEZ, 2017; TESI, AIELLO, GIANNETTI, 2018	AHMED, S. et al (2016) ARELLANO et al., 2012; DORRIAN, J.; BAULK, S. D.; DAWSON, D. (2011); ERASLAN; CAN; ATALAY, 2016; FALLAHI, M. et al (2016a	Especialista A; B; C; D e E

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

A partir disso, a Figura 15 apresenta o *framework* conceitual complementar ao proposto por Laperuta (2016), trazendo os métodos de mensuração e avaliação de carga mental.

Figura 15 - Framework Conceitual ErgoMental



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Neste novo *framework*, o especialista, a partir da análise do contexto em que a avaliação ergonômica será realizada, pode observar as principais implicações ergonômicas que se apresentam e, ao utilizar o *software*, visualizar a demanda de avaliação física (ErgoTools) e de carga mental, permitindo então a utilização de métodos dispostos no portfólio do *software* que, representará um repositório de métodos, sendo inicialmente composto por aqueles que estão presentes no ErgoTools (LAPERUTA, 2016) e os de avaliação de carga mental selecionados e descritos nas seções anteriores, fomentando a utilização destes, tanto no meio acadêmico como profissional. Assim, ao realizar uma avaliação, o especialista tem como foco os aspectos avaliáveis e a função que o trabalhador desempenha, podendo aplicar todos os métodos que corroborem com o contexto de avaliação. Sendo assim, nesta abordagem, a escolha do método e a coleta das variáveis são feitas diretamente no *software*, que apresenta interfaces responsivas, acessíveis tanto em dispositivos móveis com tela reduzida (ex.: *smartphones*, *tablets*, etc.) quanto em computadores (ex.: *notebooks*, *desktops*, etc.) como forma de viabilizar a utilização do *software* “*in loco*”, excluindo, se possível, a necessidade de transferência de avaliações realizadas em formulários de papel para o sistema digital, além de proporcionar ao especialista

a elaboração de laudos ergonômicos amplificados, fruto da aplicação e análise de diferentes métodos.

4.2.3 Modelagem da ferramenta computacional

Inicialmente, foi realizado um levantamento de requisitos, a partir de um *brainstorming* com um doutor em engenharia da produção que tem como foco de estudo a ergonomia, uma mestre em engenharia da produção que realiza estudos na área de ergonomia e uma profissional autônoma da área de ergonomia, em que foram levantados os seguintes requisitos funcionais:

- O *software* deve permitir o controle de acesso de usuários, a partir de perfis pré-determinados;
- O *software* deve possuir funcionalidade de cadastramento de empresas, com validação de CNPJ;
- O *software* deve possuir funcionalidade de cadastramento de trabalhadores;
- O *software* deve possibilitar a seleção dos métodos de avaliação de carga mental;
- Deve possibilitar a vinculação do trabalhador cadastrado a determinada avaliação/projeto;
- O *software* deve possibilitar o arquivamento das avaliações;
- O *software* deve possibilitar a emissão de relatórios de avaliação de carga mental por trabalhador;

Como requisitos não funcionais do sistema foram definidos:

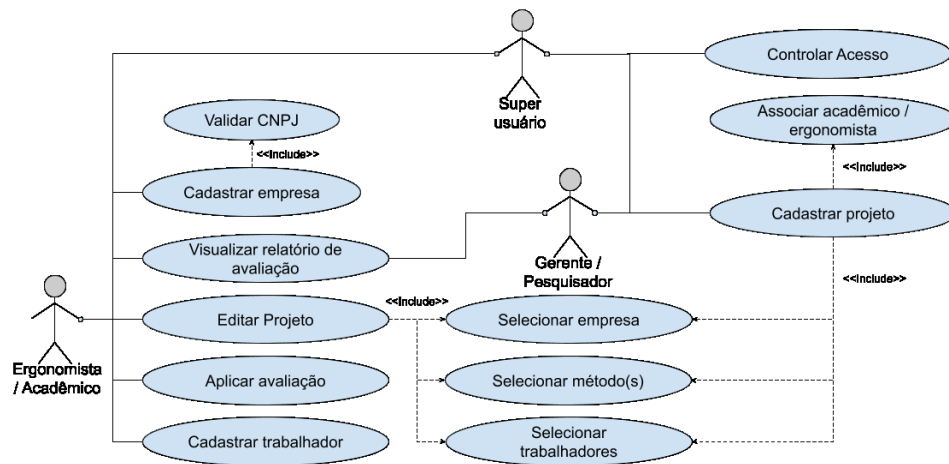
- Utilização de tecnologias não proprietárias;

Após a definição dos requisitos, foi desenvolvida uma análise de viabilidade de desenvolvimento do *software* levando em consideração as necessidades que as tecnologias e ferramentas envolvidas deveriam satisfazer.

Tendo em vista a compatibilidade entre as tecnologias, não foi identificado nenhum fator que limitasse ou impedisse o desenvolvimento do sistema, tendo sido definido inicialmente seu escopo e funcionalidades, foi possível estimar o tempo de desenvolvimento.

Os requisitos foram organizados sob a forma de um diagrama de Caso de Uso conforme exibido na Figura 16:

Figura 16 - Diagrama de caso de uso



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

O Quadro 12 apresenta o caso de uso de alto-nível relacionado ao caso de uso “Cadastrar empresa”.

Quadro 12 - Caso de uso de alto-nível: Cadastrar empresa

Caso de uso: Cadastrar empresa

O usuário com nível de acesso de “ergonomista/acadêmico” acessa o sistema, seleciona o item “Empresas” no menu principal, e, posteriormente ao carregamento da tela secundária, aciona o botão de cadastro, onde realizará o preenchimento de informações do formulário de cadastro e finalizará clicando sob o botão “Salvar”.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

O Quadro 13 apresenta o caso de uso de alto-nível relacionado ao caso de uso “Cadastrar trabalhador”.

Quadro 13 - Caso de uso de alto-nível: Cadastrar trabalhador

Caso de uso: Cadastrar Trabalhador

O usuário com nível de acesso de “ergonomista/acadêmico” acessa o sistema, seleciona o item “Pessoas” no menu principal, localiza e aciona o item “Trabalhador”, e, posteriormente ao carregamento da tela secundária, aciona o botão de cadastro, onde realizará o preenchimento de informações do formulário de cadastro e finalizará clicando sob o botão “Salvar”.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

No Quadro 14, é apresentado o caso de uso de alto-nível para o caso de uso “Cadastrar Projeto”.

Quadro 14 - Caso de uso de alto-nível: Cadastrar Projeto.

Caso de uso: Cadastrar Projeto

O usuário com nível de acesso de “gerente/pesquisador” acessa o sistema, seleciona o item “Projetos” no menu principal, e, posteriormente ao carregamento da tela secundária de listagem de projetos, aciona o botão de cadastro, onde realizará o preenchimento de informações do formulário de cadastro, incluindo a seleção da empresa onde será realizado o projeto, trabalhadores que serão avaliados, “ergonomistas/acadêmicos” que fazem parte do projeto, e quais métodos serão aplicados, e, por fim, finaliza-se o cadastramento acionando o botão “Salvar”.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

O Quadro 15 exibe o caso de uso de alto-nível referente ao caso de uso “Aplicar avaliação”.

Quadro 15 - Caso de uso de alto-nível: Aplicar Avaliação

Caso de uso: Aplicar Avaliação

O usuário com nível de acesso de “ergonomista/acadêmico” acessa o sistema, seleciona o item “Projetos” no menu principal, e, posteriormente ao carregamento da tela secundária de listagem de projetos, localiza o projeto desejado e aciona o botão de “aplicação” referente ao método que deseja coletar informações e então o sistema direciona para a(s) tela(s) de aplicação do método onde podem ser registradas as informações relacionadas à avaliação.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

O Quadro 16 exibe o caso de uso de alto-nível para o caso de uso “Visualizar Relatório de Avaliação”.

Quadro 16 - Caso de uso de alto-nível: Visualizar Relatório de Avaliação

Caso de uso: Visualizar Relatório de Avaliação

O usuário com nível de acesso de “ergonomista/acadêmico” ou “gerente/pesquisador” acessa o sistema, seleciona o item “Projetos” no menu principal, e, posteriormente ao carregamento da tela secundária de listagem de projetos, localiza o projeto desejado e aciona o botão de “visualização de relatório”, o *software* carrega então uma tela contendo os resultados das aplicações.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

No Quadro 17, é apresentado o caso de uso de alto-nível para o caso de uso “Controlar Acesso”.

Quadro 17 - Caso de uso de alto-nível: Controlar Acesso

Caso de uso: Controlar Acesso

Caberá ao usuário com nível de acesso de “super usuário” o controle de acesso ao sistema, sendo possível a atribuição dos seguintes níveis a novos usuários:

- O perfil “Super usuário” poderá: Ativar/desativar perfis de usuários; ter acesso a todas as funcionalidades do sistema.
- O perfil “Gerente PJ” poderá: Ativar/desativar perfil de ergonômicos vinculados à sua PJ; consultar informações de estudos de ergonômicos vinculados à sua PJ.
- O perfil “Ergonomista” poderá: Realizar avaliações e pesquisas; consultar informações de estudos por ele realizados.
- O perfil “Pesquisador” poderá: Ativar/desativar contas de “acadêmicos”; liberar utilização do sistema para realização de pesquisas por parte de acadêmicos; consultar informações de estudos de acadêmicos vinculados a seu usuário.
- O perfil “Acadêmico” poderá: Realizar pesquisas (quando liberado pelo pesquisador); consultar dados de pesquisas.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

Definidas as funcionalidades do *software*, inicia-se o desenvolvimento, sendo, na seção seguinte, apresentado o *software* de forma geral, assim como as telas das principais funcionalidades.

4.2.4 Apresentação do *software*

O *software* descrito neste trabalho foca na disponibilização de interfaces gráficas para avaliação de carga mental, automatizando cálculos e representações gráficas dos resultados para posterior disponibilização destas informações em forma de relatórios. Além disso, com o acesso ao *software* elimina-se a necessidade tanto do papel (impressão e disponibilização de formulários aos participantes) como do tempo de transcrição, tempo em vista que os dados serão armazenados em banco de dados, podendo ser acessados posteriormente, bem como otimiza tanto o tempo de aplicação quanto de acesso aos resultados.

Ainda, o *software* pode ser acessado tanto de um computador pessoal tipo desktop ou notebook, como de dispositivos móveis (*tablets* ou *smartphones*) o que facilita e otimiza o acesso e o seu uso

O *software* foi concebido de forma a organizar as avaliações ergonômicas em estruturas de “Projetos”, concentrando informações como: local onde o projeto será realizado (Empresa); responsáveis pela execução da avaliação (Ergonomistas ou Acadêmicos); trabalhadores que serão avaliados; e métodos que serão utilizados na avaliação.

O *software* será disponibilizado à toda comunidade acadêmica e científica, objetivando auxiliar no processo de avaliação de carga mental. Em correlato, propiciar uma maior quantidade de estudos na área de ergonomia, em especial, nas avaliações de carga mental. Enfim, nas próximas seções são detalhadas informações essenciais que foram utilizadas no desenvolvimento do *software*.

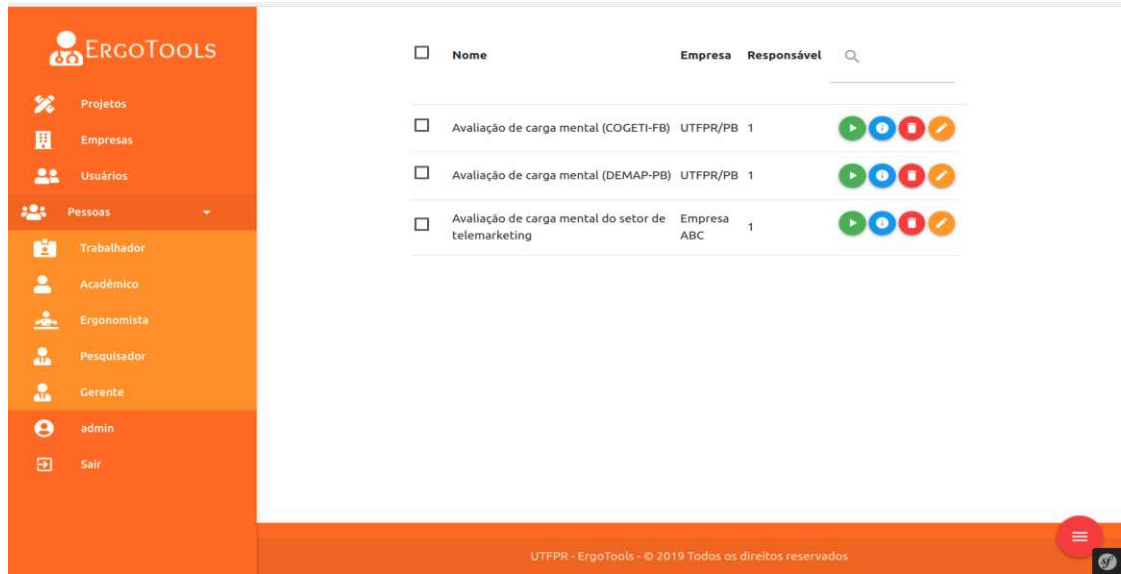
4.2.5 Descrição do *software*

A seguir são apresentadas as telas das principais funcionalidades do *software* exibindo a disposição de componentes além de comentários sobre as formas de interação inicialmente propostas para as funcionalidades.

A concessão de acesso ao *software*, inicialmente, será moderada pelos usuários com nível de acesso de “super usuário”, onde, cabe ao interessado na utilização do *software* realizar a rotina de pré-cadastramento por meio de um formulário acessível na página inicial do sistema.

Ao acessar o *software*, após o processo de autenticação, é apresentada ao usuário a tela principal com um menu lateral esquerdo (para dispositivos com tela grande como *notebooks*, *desktops*, etc.) ou menu superior (para dispositivos com tela reduzida como *smartphones*, *tablets*, etc.), onde, dependendo do nível de acesso, são dispostos atalhos às funcionalidades como cadastramento de projetos, empresas, usuários, trabalhadores, ergonomistas, acadêmicos, pesquisadores, gerentes, além do acesso ao perfil do usuário autenticado que possibilita a atualização de senha, conforme exibido na Figura 17:

Figura 17 - Tela principal do *software*



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

Por meio da tela de listagem de “Projetos”, é possível acessar a funcionalidade de “aplicação” de avaliação, representado na Figura 17 pelo botão verde com ícone “play”, que, quando acionado, direciona para a tela exibida na Figura 18, onde o usuário (acadêmico, ergonomista, pesquisador ou gerente) poderá, aplicar todos os métodos que desejar, selecionados e descritos nas seções 4.1 e 4.2, a todos os trabalhadores selecionados, sendo que, o método pode ser aplicado mais de uma vez para cada trabalhador pelo fato de que há possibilidade de necessidade de avaliação da carga mental decorrente da realização de diferentes tarefas.

Figura 18 - Tela de aplicação de métodos

× Executar projeto				
Nome	Avaliação de carga mental (COGETI-PB)			
Empresa	UTFPR/PB			
Responsável	1			
Trabalhadores				
Trabalhador	Código	Métodos		Relatório
		Nasa TLX	S-SWAT	
Rudinei Silvestre	--			
Dalila Cleonice Pagnoncelli Laperuta	--			
Rubens Mayer	--			

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

Percebe-se que, na Figura 18, a tela de aplicação possibilita que o responsável pela análise oriente a execução dos testes de avaliação de carga mental NASA-TLX e S-SWAT, visualize os relatórios e, ainda, visualize se o teste foi realizado ou não.

Com relação à execução do método NASA-TLX, a primeira etapa consiste na definição dos pesos das sub-escalas conforme demonstra a Figura 19.

Figura 19 - Definição de pesos na sub-escala do Nasa-TLX

The screenshot shows the ERGO TOOLS interface for defining weights in the Nasa-TLX sub-scale. The interface is divided into three main sections:

- Projeto:** Avaliação de carga mental (COGETI-PIB)
- Trabalhador:** JHONNATAN RICARDO SEMLER
- Tarefa:** Recuperação de serviço crítico

Below the task, there are two sliders for defining weights:

- Demanda mental:** A slider ranging from 'Baixa' (Low) to 'Alta' (High). The slider is positioned towards the 'Alta' end, indicating a high mental demand weight.
- Demanda física:** A slider ranging from 'Baixa' (Low) to 'Alta' (High). The slider is positioned towards the 'Baixa' end, indicating a low physical demand weight.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

Para definição dos pesos, utilizou-se um formato de escala progressiva dividido em cores, respeitando o formulário recomendado pelo Manual NASA-TLX (1986), pois assim fica evidente ao usuário que a parte vermelha da barra está relacionada a altas demandas dentro da dimensão em avaliação no momento.

Na sequência da aplicação do NASA-TLX, o usuário é direcionado à avaliação dos pares de dimensões, sendo que em cada interação é apresentado ao usuário um par para sua avaliação, conforme demonstra a Figura 20.

Figura 20 - Avaliação dos pares no Nasa-TLX

The screenshot shows the ERGO TOOLS interface for evaluating pairs of dimensions. The interface is divided into two main sections:

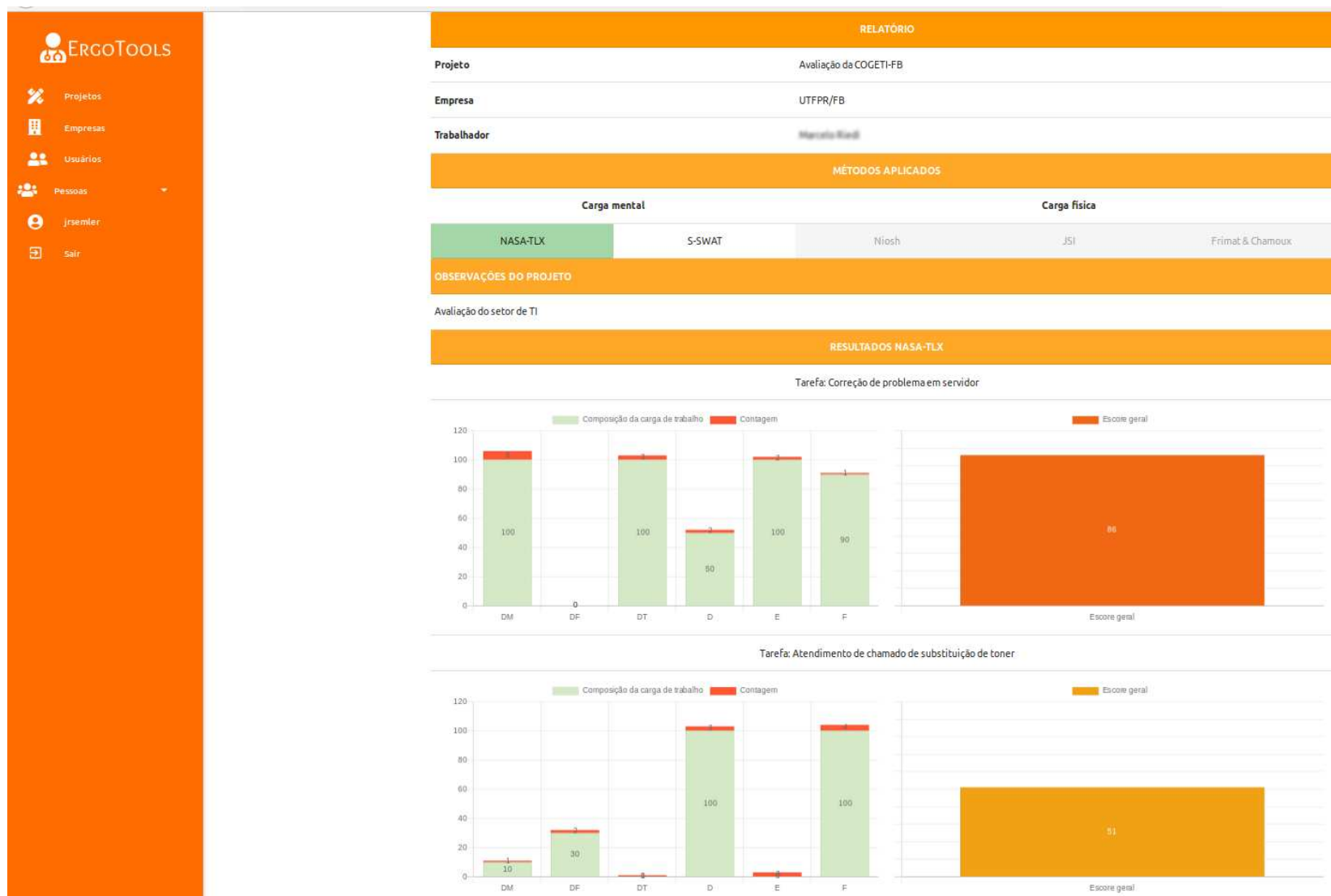
- Progress Bar:** A horizontal bar at the top, partially filled with a teal color.
- Radio Button Options:** Two radio button options are presented:
 - Demanda de tempo
 - Esforço

The word "OU" (OR) is centered between the two radio button options.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

Ao final das comparações dos pares, o *software* realiza a contagem e cálculos para determinar o escore, ou seja, o índice geral da carga de trabalho mental que é apresentado no formato de gráfico (Figura 21 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Figura 21- Relatório e Gráfico NASA-TLX



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

Nesse relatório, visualiza-se tanto a composição de cargas de trabalho da tarefa avaliada quanto o índice geral de carga mental, possibilitando ao responsável a identificação da dimensão com maior peso na percepção do avaliado.

Quanto à aplicação do S-SWAT, seguindo protocolo estabelecido por Luximon e Goonetilleke (2001) e Rezende (2015), primeiramente é apresentada a descrição das dimensões ao avaliado e na sequência são apresentadas as dimensões em pares, conforme Figura 22, onde o avaliado deve marcar a dimensão que mais influência o seu trabalho.

Figura 22 - Avaliação das dimensões em pares S-SWAT

A imagem mostra a interface do sistema ERGO TOOLS. No topo, há o logotipo 'ERGO TOOLS' com um ícone de uma pessoa e um computador. Abaixo, há uma barra decorativa com uma linha verde e uma linha cinza. O conteúdo principal é uma caixa de seleção com duas opções: 'Estresse psicológico' com um botão de rádio desativado e 'Demanda mental' com um botão de rádio ativado e fundo verde. O texto 'OU' está centralizado entre as duas opções.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

Na sequência, assim como no método NASA-TLX, para atribuição dos pesos, utilizou-se das sub-escalas, conforme Figura 23.

Figura 23 - Escala discreta S-SWAT

The screenshot displays the ERGO TOOLS interface for a discrete scale assessment. At the top, the logo 'ERGO TOOLS' is visible. Below it, the project name 'Projeto Avaliação de carga mental (COGETI-PE)' and the worker's name 'Trabalhador JHONNATAN RICARDO SEMLER' are shown. The task being evaluated is 'Recuperação de serviço crítico'. Three horizontal scales are presented for rating: 'Demanda mental' (Mental Demand), 'Estresse psicológico' (Psychological Stress), and 'Demanda tempo' (Time Demand). Each scale has a green dot indicating the rating. At the bottom, there is a green button labeled '> PRÓXIMO'.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

Em seguida, o avaliado atribui pesos para três dimensões: esforço mental, estresse psicológico e temporal.

Após a finalização da aplicação, o *software* realiza os cálculos necessários para obtenção da carga mental global, sendo apresentado em formato de gráficos (Figura 24) para facilitar a comparação entre os métodos pelo avaliador.

Figura 24 - Relatórios e Gráficos S-SWAT



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

Além disso, foi realizado o teste do *software* com a inserção de dados fornecidos pela ergonomista (70 voluntários) que consistiam em informações e respostas de trabalhadores reais que foram submetidos à aplicação do NASA-TLX e do S-SWAT previamente. Com a inserção desses dados comparou-se o resultado dos relatórios do *software* com os calculados manualmente pela ergonomista, onde visualizou-se a coerência e exatidão de resultados, além da segmentação dos resultados e gráficos apresentados automaticamente pelo *software*.

Já para a validação foi realizada nova reunião com os cinco especialistas e apresentado o *software* de maneira prática com a inserção de novos dados. Eles puderam visualizar todo o processo e comparar os resultados do *software* com os gerados manualmente. Ao final a validação se deu de forma plena diante dos resultados e relatórios gerados, bem como quanto ao formato de apresentação dos dados.

Portanto, com a disponibilização desse *software*, tem-se um meio de auxílio no processo de avaliação ergonômica, em especial, de carga mental de forma a enriquecer a prática dos ergonomistas, avaliadores e estudiosos e propiciar um maior número de resultados e análises oriundos de diferentes métodos, possibilitando o aumento do portfólio profissional, geração de laudos ergonômicos robustos e, também, possibilitar que ocorram novos estudos acadêmicos na área.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como foco os métodos/ferramentas de avaliação de carga mental, no sentido de desenvolver um *framework* e um *software* que facilite o uso dos mesmos. A motivação para realização desse trabalho se deu pelo desejo de auxiliar profissionais e estudiosos da área, no momento da aplicação e análise de resultados dos métodos/ferramentas utilizados, e assim enriquecer os laudos ergonômicos. Apesar de existirem *softwares* que auxiliam os profissionais e estudiosos da área de ergonomia, esses são *softwares* proprietários e por acesso por meio de instalação local conforme evidenciado no Quadro 6.

O desenvolvimento de *softwares* livres, de fácil acesso, concentrando o maior número de métodos/ferramentas de avaliação ergonômica é importante como apoio aos avaliadores, pois eles podem selecionar aqueles que estejam melhor alinhados com o contexto avaliado, promovendo, assim, laudos ergonômicos mais robustos e ricos em informação.

Para isso, na primeira etapa dessa pesquisa, descrita na seção de análise e discussão dos resultados e atendendo ao proposto nos objetivos específicos de um a quatro, realizou-se a construção de dois portfólios, sendo um com artigos internacionais e outro nacional, tendo como foco o tema em questão, com vistas a realizar análises bibliométricas e de conteúdo. Nessas análises, foi possível identificar periódicos, autores e artigos de destaque, além de verificar os métodos de análise de carga mental que são amplamente utilizados pela comunidade; identificar suas características: variáveis e escalas, e realizar a seleção dos métodos que compuseram o *framework*. Durante a verificação dos métodos utilizados, identificou-se que o NASA-TLX e o SWAT eram os mais citados pela literatura. No entanto, no momento da análise das variáveis e escalas do método SWAT, apesar do grande esforço na procura, inclusive contato com o criador do método, houve impossibilidade de acesso ao *software* que faz a análise conjunta do método, parte crucial para obtenção do escore geral de carga mental. Com isso, voltando à literatura, verificou-se que os autores que optam pela utilização do SWAT acabam por utilizar suas variações. A partir disso, fez-se nova análise da literatura, com foco nas variações do método SWAT, onde verificou-se que o método S-SWAT é a variação com maior sensibilidade, menor tempo de aplicação e não faz uso de um programa computacional para análise conjunta, o que o tornou viável para composição do *framework*.

Na segunda e última etapa dessa pesquisa, a partir da discussão da literatura, idealizou-se um *framework* de avaliação de carga mental e, baseado no *framework*, fez-se a modelagem de um *software* que reúne os diferentes métodos encontrados na literatura, sendo que o mesmo

foi validado por ergonomistas e pesquisadores da área a partir dos diagramas de caso de uso e análise de requisitos.

Paralelamente ao desenvolvimento do *software*, e também evidenciamos a importância de estudos relacionados à análise de carga mental, pois a ergonomia busca proporcionar melhorias e controle de condições psicofisiológicas presentes na realidade de trabalho, sendo assim, entende-se a razão da mensuração e avaliação da carga mental de trabalho seja um fator complementar nas análises ergonômicas. Cabe ao profissional de ergonomia, ao estudioso ou o responsável pelas análises compreender a complexidade envolvida em estudos da ergonomia e reconhecer que a saúde mental, caracterizada aqui como a carga mental, do ponto de vista social e organizacional, é fundamental para que o ser humano possa ser entendido como capaz de dispor de suas competências e atingir seus objetivos. Com isso, fica clara a importância de se investir em pesquisas que considerem e valorizem os aspectos envolvidos na carga mental de trabalho

Tanto pesquisas e estudos aplicados em situações que simulem a realidade quanto aqueles aplicados na prática possibilitam ganhos para a área de ergonomia, visto que possibilitam que sejam observados todos os aspectos do trabalho, como as características ambientais, físicas (biomecânica e fenômenos fisiológicos), cognitivas, relacionamento interpessoal, organização geral do trabalho e, em decorrência, as demandas físicas e mentais envolvidas na tarefa. Assim, é possível implementar ações voltadas à prevenção de problemas, e à promoção da saúde do trabalhador.

A ergonomia é uma das áreas de pesquisa e desenvolvimento onde ainda existem diversas lacunas, e onde a informatização se faz essencial, e o *software* desenvolvido permite, justamente, a concentração de diferentes métodos de avaliação ergonômica, no caso desse estudo concentrados em análise de carga mental. Durante o desenvolvimento da aplicação, não foram identificados problemas críticos que inviabilizassem a continuidade do projeto. As escolhas das tecnologias para o desenvolvimento mostraram-se boas no que diz respeito à produtividade e o resultado obtido foi satisfatório.

O *software* desenvolvido foi testado e será, em breve, disponibilizado para toda comunidade e continuará sendo desenvolvido tanto para otimizar seu uso como para que cada vez mais métodos possam ser incorporados. Além disso está em andamento o processo de registro de Propriedade Intelectual junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

Almeja-se, com os resultados desta dissertação, haver contribuído tanto oferecendo arcabouço metodológico capaz de auxiliar aos ergonomistas e pesquisadores no enfrentamento dos desafios impostos à avaliação de carga mental. Enfim, espera-se que o conhecimento

construído e relatado ao longo da dissertação sirva como fomento e referencial para novas discussões e experiências tanto na pesquisa científica como trazendo impactos positivos ao desenvolvimento econômico e tecnológico seja regional, estadual ou nacional. Ainda, como trabalhos futuros, pretende-se trabalhar com outros métodos tanto de análise de carga mental, como a LEST e o Workload Profile e outros unidimensionais, quanto outras ferramentas ergonômicas, proporcionando, ao avaliadores e avaliados, uma maior gama de opções para que se possa obter resultados mais completos e robustos e, a partir do conjunto de dados coletados, realizar pesquisas que possam levar a inferências e implementação de métodos de prevenção e promoção da saúde e bem estar do trabalhador, minimização de erros e aumento de produtividade, de forma a contribuir com os mais diferentes setores da economia.

REFERÊNCIAS

ABDELRAHMAN, Amro M. et al. Impact of single-incision laparoscopic cholecystectomy (SILC) versus conventional laparoscopic cholecystectomy (CLC) procedures on surgeon stress and workload: a randomized controlled trial. **Surgical endoscopy**, v. 30, n. 3, p. 1205-1211, 2016.

AHMED, S. et al. Fatigue differences between Asian and Western populations in prolonged mentally demanding work-tasks. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 54, p. 103-112, 2016.

ANCHIETA, V. C. et al. Trabalho e riscos de adoecimento: um estudo entre policiais civis. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 199-208, abr./jun., 2011.

ANDRADE, A. N. M.; DE ALBUQUERQUE, M. A. C.; ANDRADE, A. N. M. Avaliação do nível de estresse do anestesiológista da cooperativa de anestesiologia de Sergipe. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, Campinas, v. 61, n. 4, p. 490-494, jul./ago., 2011.

ARELLANO, J. L. H.; MEJÍA, G.I.; PÉREZ, J. N. S.; ALCARAZ, J. L. G.; BRUNETTE, M. J. Construction of a survey to assess workload and fatigue among AMT operators in Mexico. **Work**, v. 41, p. 1790-1796. 2012

AYAZ, H. et al. Optical brain monitoring for operator training and mental workload assessment. **NeuroImage**, v. 59, n. 1, p. 36-47, jan., 2012.

BALDUCCI, C; AVANZI, L; FRACCAROLI, F. The individual “costs” of workaholism: An analysis based on multisource and prospective data. **Journal of Management**, p. 0149206316658348, 2016.

BALFE, N; SHARPLES, S; WILSON, J R. Impact of automation: measurement of performance, workload and behaviour in a complex control environment. **Applied ergonomics**, v. 47, p. 52-64, 2015.

BALLARDIN, L.; GUIMARAES, L. B. M. Avaliação da carga de trabalho dos operadores de uma empresa distribuidora de petróleo. **Produção**. Porto Alegre. v. 19, n. 3, p. 581-592, set./dez. 2009.

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>>.

BERG, R. J. et al. The impact of heat stress on operative performance and cognitive function during simulated laparoscopic operative tasks. **Surgery**, v. 157, n. 1, p. 87-95, 2015.

BERNARDINO, J. F.; TEDESCHI, M. A. Um Instrumento de Mensuração de Carga Mental Aplicado em uma Turma de Graduação do Curso de EAD do Departamento de Gestão da Informação da UFPR–Estudo de Caso. **Revista de Ciências Gerenciais**, v. 19, n. 30, p. 10-18, 2015.

BEZERRA, C. M.; MINAYO, M. C. S.; CONSTANTINO, P. Estresse ocupacional em mulheres policiais. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 18, p. 657-666, mar. 2013.

BECERRA BONZA, D. C.; GUERRERO GARCÍA, T. M. Representaciones sociales que sobre riesgos psicosociales y acoso laboral tienen los trabajadores de una organización pública. **Revista Hacia la Promoción de la Salud**, v. 17, n. 1, jan-jun., 2012.

BOLIS, I. **Contribuições da ergonomia para a melhoria do trabalho e para o processo de emancipação dos sujeitos**. 179 f., Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia da Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.

BRAGA, C. O.; ABRAHÃO, R. F.; TERESO, M. J. A. Análise ergonômica do trabalho em unidades de beneficiamento de produtos agrícolas: exigências laborais dos postos de seleção. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n.5, p. 1552-1557, ago, 2009.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria de número 3214. Publicada em 1978

BRANDIMILLER, P. A. **Condições de trabalho nos bancos: fiscalizar ou negociar**. O MUNDO do trabalho, 1996.

BRATFISCH, O. **Experienced intellectual activity and perceived difficulty of intelligence test**. Stockolm: Institute of Applied Psychology, 1972.

BROEKHOVEN, R. F. G. **Comparison of real-time relative workload measurements in rail signallers**. 2016. Dissertação de Mestrado. University of Twente.

BROOKHUIS, K. A. et al. Driving with a congestion assistant; mental workload and acceptance. **Applied ergonomics**, v. 40, n. 6, p. 1019-1025, nov. 2009.

BROWN Jr, O. The development and domain of participatory Ergonomics. In: **IEA world conference, latin american congress, 3, brazilian ergonomics congress, 7**, 1995, Rio de Janeiro. **Proceedings**. Rio de Janeiro: ABERGO, 1995, p.28-31

BUSH, P. M. **Ergonomics: foundational principles, applications, and technologies**. New York: Taylor & Francis Group, 2012. 331 p.

BUTMEE, T; LANSDOWN, T C. **Moving Between Automated and Manual Driving: Mental Workload and Performance Implications**. 2017

BYRNE, A. J. et al. Novel method of measuring the mental workload of anaesthetists during clinical practice. **British journal of anaesthesia**, v. 105, n. 6, p. 767-771, 2010.

CAIN, Brad. A review of the mental workload literature. **Defence Research And Development Toronto (Canada)**, 2007.

CARDOSO, M. S.; GONTIJO, L. A. Avaliação de carga mental de trabalho e do desempenho de medidas de mensuração: NASA TLX e SWAT. **Gestão e Produção**, v. 19, n. 4, p. 873-884. 2012

CEBALLOS VÁSQUEZ, P et al. Validación de Escala Subjetiva de Carga Mental de Trabajo en funcionarios/as universitarios. **Ciencia y enfermería**, v. 20, n. 2, p. 73-82, 2014.

CEBALLOS-VÁSQUEZ, P et al. Fatores psicossociais e carga mental de trabalho: uma realidade percebida pelos enfermeiros em Unidades de Terapia Intensiva 1. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 23, n. 2, p. 315-322, 2015

CLEIN, C.; TONELLO, R.; PESSA, S. L. R. Influência do ambiente de trabalho na saúde física e emocional do trabalhador: estudo ergonômico em uma fábrica de máquinas industriais. **Revista ADMpg Gestão Estratégica**, Ponta Grossa, v. 7, n. 1, p. 53-9, 2014.

COOPER, G. E.; HARPER JR, R. P. **The use of pilot rating in the evaluation of aircraft handling qualities**. Advisory Group for aerospace research and development Neuilly-Sur-Seine (France), 1969.

COSTA, E. A. V. G. **Estudo dos constrangimentos físicos e mentais sofridos pelos motoristas de ônibus urbano da cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Departamento de Artes e Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2006.

COUTINHO, M. C.; MAGRO, M. L. P. D.; BUDDE, C. Entre o prazer e o sofrimento: um estudo sobre os sentidos do trabalho para professores universitários. **Psicologia: teoria e prática**, v. 13, n. 2, p. 154-167, ago. 2011.

CUMMINGS, M. L.; MITCHELL, P. J. Predicting controller capacity in supervisory control of multiple UAVs. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans**, v. 38, n. 2, p. 451-460, mar. 2008.

CUVELIER, L. Mesures quantitatives de la charge mentale: avancées, limites et usages pour la prévention des risques professionnels. **Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement**, v. 73, n. 2, p. 120-126, abr. 2012.

DADI, Gabriel B. et al. Cognitive workload demands using 2D and 3D spatial engineering information formats. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 140, n. 5, p. 04014001, 2014.

DARVISHI, Ebrahim et al. Subjective Mental Workload and Its Correlation With Musculoskeletal Disorders in Bank Staff. **Journal of manipulative and physiological therapeutics**, v. 39, n. 6, p. 420-426, 2016.

DE ALBUQUERQUE, F. J. B.; MELO, C. F.; ARAÚJO NETO, J. L. Avaliação da Síndrome de Burnout em Profissionais da Estratégia Saúde da Família da Capital Paraibana. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, Porto Alegre, v. 25, n. 3, 2012.

DE WAARD, Dick; LEWIS-EVANS, Ben. Self-report scales alone cannot capture mental workload. **Cognition, technology & work**, v. 16, n. 3, p. 303-305, 2014

DEJOURS, C. **Uma nova visão do sofrimento humano nas organizações**. O indivíduo na organização: dimensões esquecidas. São Paulo: Atlas, 1993.

DEWI, D. S.; SEPTIANA, T. Workforce scheduling considering physical and mental workload: a case study of domestic freight forwarding. **Procedia Manufacturing**, v. 4, p. 445-453, 2015.

DEY, A.; MANN, D. D. Sensitivity and diagnosticity of NASA-TLX and simplified SWAT to assess the mental workload associated with operating an agricultural sprayer. **Ergonomics**, v. 53, n. 7, p. 848-857. 2010

DIAS, R. D. et al. Systematic review of measurement tools to assess surgeons' intraoperative cognitive workload. **British Journal of Surgery**, v. 105, n. 5, p. 491-501, 2018.

DIDOMENICO, A.; NUSSBAUM, M. A. Interactive effects of physical and mental workload on subjective workload assessment. **International journal of industrial ergonomics**, v. 38, n. 11-12, p. 977-983, nov-dez. 2008.

DIDOMENICO, A.; NUSSBAUM, M. A. Effects of different physical workload parameters on mental workload and performance. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 41, n. 3, p. 255-260, mai. 2011.

DINIZ, R. L. **Avaliação das Demandas Física e Mental no Trabalho do Cirurgião em procedimentos Eletivos**. Tese (Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul), 2003.

DORNIC, S.; ANDERSSON, O. **Difficulty and effort: Apercentual approach**. Estocolmo, Suecia: Universidade de Estocolmo, Departamento de Psicologia, 1980.

DORRIAN, J.; BAULK, S. D.; DAWSON, D. Work hours, workload, sleep and fatigue in Australian Rail Industry employees. **Applied ergonomics**, v. 42, n. 2, p. 202-209, jan. 2011.

DUL, J.; WEERDMEEESTER, B. **Ergonomia prática**. 2. ed. rev. e amp. São Paulo: Editora Blücher, 2004.

EDWARDS, T. et al. Multifactor interactions and the air traffic controller: the interaction of situation awareness and workload in association with automation. **Cognition, Technology & Work**, v. 19, n. 4, p. 687-698, 2017

ENSSLIN, L. et al. Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão-construtivista. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 125-152, jan. 2010

ERASLAN, Ergun; CAN, Gulin Feryal; ATALAY, Kumru Didem. Mental workload assessment using a fuzzy multi-criteria method/Procjena mentalnog opterecenja primjenom neizržite metode s vise kriterija. **Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette**, v. 23, n. 3, p. 667-675, 2016

ESPÍNDOLA, Edilene Zilma. **Avaliação da Carga Mental de Trabalho em Magistrados do Poder Judiciário de Santa Catarina**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas. Área de Concentração: Ergonomia) Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis-SC, 2013.

FACCHINI, L. A. **Uma contribuição da epidemiologia: o modelo de determinação social aplicado à saúde do trabalhador**. In: BUSCHINELLI, J. T.; ROCHA, L. E.; RIGOTTO, R. M.: Isto é trabalho gente?: vida, doença e trabalhador no Brasil. Rio de Janeiro: Vozes, p. 181, 1994

FALLAHI, M. et al. Effects of mental workload on physiological and subjective responses during traffic density monitoring: a field study. **Applied ergonomics**, v. 52, p. 95-103, jan. 2016a.

FALLAHI, M. et al. Analysis of the mental workload of city traffic control operators while monitoring traffic density: A field study. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 54, p. 170-177, jul. 2016b.

FALZON, P. Natureza, Objetivos e Conhecimentos da Ergonomia. In: FALZON, P. (Org.). **Ergonomia**. São Paulo, Ed. Blücher. 2007. p. 3-20.

FALZON, P.; SAUVAGNAC, C. Carga de Trabalho e Estresse. In: FALZON, P. (Org.). **Ergonomia**. São Paulo, Ed. Blücher. 2007. p. 141-154

FERREIRA, M. M.; FERREIRA, C. Carga mental e carga psíquica em profissionais de enfermagem. **Revista Portuguesa de Enfermagem de Saúde Mental**, Porto, n. SPE1, p. 47-52, abr. 2014

FINCANNON, T; AHLSTROM, V. Scale Size of the Air Traffic Workload Input Technique (ATWIT) A Review of Research. In: **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2016. p. 2078-2082

FORSYTH, K L. et al. Interruptions Experienced by Emergency Nurses: Implications for Subjective and Objective Measures of Workload. **Journal of Emergency Nursing**, 2018

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010

GONÇALVES, C. F. F. **Ergonomia e Qualidade do serviço bancário**: uma metodologia de avaliação. 291f. Tese (Doutorado) - Tese de Doutorado. Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

GOULD, Kristian S. et al. Effects of navigation method on workload and performance in simulated high-speed ship navigation. **Applied ergonomics**, v. 40, n. 1, p. 103-114, 2009

GRUGINSKI, B. E.; GONTIJO, L. A.; MERINO, E. Frequency of Application of Mental Workload Measuring Instruments in Recent Publications in Brazil. **Procedia Manufacturing**, v. 3, p. 5134-5138, 2015.

GRECO, R. M.; QUEIROS, V. M.; GOMES, J. R. Cargas de trabalho dos técnicos operacionais da escola de enfermagem da Universidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**. São Paulo, v. 25, p. 59-75, 1995/1996.

GRIER, R. A. How high is high? A meta-analysis of NASA-TLX global workload scores. In: **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**. Los Angeles, Sage CA, v. 56, n. 1, p. 1727-1731, set. 2015.

GUÉLAUD, F. et al. **Pour une analyse des conditions du travail ouvrier dans l'entreprise**. Recherche du Laboratoire d'Economie et Sociologie du Travail C.N.R.S., Paris, Librairie Armand Colin, 4. Ed., 1975.

GUIMARÃES, L. B. de M.; PESSA, S. L. R.; BIGUELINI, C. Analysis of the workload imposed on the workers of the imprint and cutting/welding sectors of a flexible packaging manufacturer. **Work**, v. 41, n. 1, p. 1647-1655, 2012.

GUIMARÃES, L. B. de M. Ergonomia de Processo. Porto Alegre: PPGEP/UFRGS, 2000, v. 2 (série monográfica).

GUIMARÃES, B. M. et al. Análise da carga de trabalho de analistas de sistemas e dos distúrbios osteomusculares. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 115-124, jan./mar. 2011.

HALLBECK, M. S. et al. The impact of intraoperative microbreaks with exercises on surgeons: a multi-center cohort study. **Applied ergonomics**, v. 60, p. 334-341, 2017

HARRISON, J et al. Cognitive workload and learning assessment during the implementation of a next-generation air traffic control technology using functional near-infrared spectroscopy. **IEEE Transactions on Human-Machine Systems**, v. 44, n. 4, p. 429-440, 2014.

HART, S. G.; STAVELAND, L. E. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. **Advances in Psychology**, v. 52, p. 139-183, 1988.

HENDRICK, H. W. Macroergonomics: a new approach for improving productivity, safety and quality of work life. In: **Congresso latinoamericano de ergonomia, 2 e seminário brasileiro de ergonomia**, 6, Florianópolis, 1993, Anais. Rio de Janeiro: ABERGO, 1993, p.39-58.

HOOGENDOORN, R. et al. Psychological Elements in Car-following Models: Mental Workload in case of Incidents in the Other Driving Lane. **Procedia Engineering**, v. 3, p. 87-99, 2010.

ISO 10075. **Ergonomic Principles Related to Mental Work-Load – General Terms and Definitions**. 1991

JANSEN, R J. et al. Hysteresis in mental workload and task performance: the influence of demand transitions and task prioritization. **Human factors**, v. 58, n. 8, p. 1143-1157, 2016.

JORGENSEN, A. H. et al. Applying the concept of mental workload to IT-work. In: **CD-ROM Proceedings of CybErg**. p. 223-235, 1999.

KATAOKA, Jun; SASAKI, Minako; KANDA, Katsuya. Effects of mental workload on nurses' visual behaviors during infusion pump operation. **Japan Journal of Nursing Science**, v. 8, n. 1, p. 47-56, 2011.

KOCA, Dilek et al. Physical and mental workload in single-incision laparoscopic surgery and conventional laparoscopy. **Surgical innovation**, v. 22, n. 3, p. 294-302, 2015.

LAN, L. LIAN, Z.; PAN, L. The effects of air temperature on office workers' well-being, workload and productivity-evaluated with subjective ratings. **Applied Ergonomics**, v. 42, n. 1, p. 29-36, dez. 2010

LAPERUTA, D. G. P. **Framework especialista/método para avaliação ergonômica**. 96 f., Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, UTFPR Pato Branco, 2016.

LAPERUTA, D. G. P. et al. Revisão de ferramentas para avaliação ergonômica. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 18, n. 2, p. 665-690, 2018.

LAVILLE, A. **Ergonomia**, tradução: Márcia Maria Neves Teixeira. São Paulo, EPU, Ed. da Universidade de São Paulo, 1977.

LAURELL, A.; NORIEGA, M. **Processo de Produção e Saúde**. São Paulo: Hucitec, 1989

LEE, GYUSUNG I. et al. Comparative assessment of physical and cognitive ergonomics associated with robotic and traditional laparoscopic surgeries. **Surgical endoscopy**, v. 28, n. 2, p. 456-465, 2014. LEHRER, Paul et al. Cardiac data increase association between self-report and both expert ratings of task load and task performance in flight simulator tasks: An exploratory study. **International Journal of Psychophysiology**, v. 76, n. 2, p. 80-87, 2010.

LEPLAT, J., CUNY, X. **Introdução à psicologia do trabalho**. Trad. Helena Domingos. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1983

LIANG, S-F. M. et al. Validation of a task demand measure for predicting mental workloads of physical therapists. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 44, n. 5, p. 747-752, set. 2014.

LIANG, Guo-Feng et al. Evaluation and prediction of on-line maintenance workload in nuclear power plants. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries**, v. 19, n. 1, p. 64-77, 2009.

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>>.

LIN, Li-Wei; LU, Ming-Shiun. Empirical Research on the Relationship between Helicopter Pilots' Mental Workloads and Situation Awareness Levels. **Journal of the American Helicopter Society**, v. 61, n. 3, p. 1-8, 2016.

LOFT, S. et al. Modeling and Predicting Mental Workload in En Route Air Traffic Control: Critical Review and Broader Implications. **Human Factors**, v. 49, n. 3, p. 376-399, jun. 2007.

LONGO, L. Mental workload in medicine: foundations, applications, open problems, challenges and future perspectives. In: **Computer-Based Medical Systems (CBMS), 2016 IEEE 29th International Symposium on**. IEEE, 2016. p. 106-111

LOPEZ, Karen Dunn et al. Cognitive work analysis to evaluate the problem of patient falls in an inpatient setting. **Journal of the American Medical Informatics Association**, v. 17, n. 3, p. 313-321, 2010.

LUXIMON, A.; GOONETILELEKE, R. S. **Continuous Subjective Workload Assessment Technique**. First World Congress on Ergonomics for Global Quality and Productivity, Hong Kong, p. 68-71. 1998

LUXIMON, A.; GOONETILELEKE, R. S. **Simplified Subjective Workload Assessment Technique**. *Ergonomics*, v. 44, p. 229-243. 2001.

MANSIKKA, H. et al. Fighter pilots' heart rate, heart rate variation and performance during an instrument flight rules proficiency test. **Applied Ergonomics**, v. 56, p. 213-219, set. 2016.

MANSIKKA, H; VIRTANEN, K; HARRIS, D. Comparison of NASA-TLX scale, Modified Cooper-Harper scale and mean inter-beat interval as measures of pilot mental workload during simulated flight tasks. **Ergonomics**, n. just-accepted, p. 1-22, 2018.

MANUAL DO NASA-TLX. NASA Ames Research. Califórnia: EUA, 1986.

MAKISHITA, H. MATSUNAGA, K. Differences of drivers' reaction times according to age and mental workload. **Accident Analysis and Prevention**, v. 40, n. 2, p. 567-575, mar. 2008.

MARCONI, A. A.; LAKATOS, E.M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2010

MARCONI, A. A.; LAKATOS, E.M. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 7. Ed. São Paulo: Atlas, 2014

MARRAS, W. S.; HANCOCK, P.A. Putting mind and body back together: A human-systems approach to the integration of the physical and cognitive dimensions of task design and operations. **Applied Ergonomics**, v. 45, n. 1, p. 55-60, jan. 2014.

MARTIN, J. et al. Linear and non-linear heart rate metrics for the assessment of anaesthetists' workload during general anaesthesia. **BJA: British Journal of Anaesthesia**, v. 117, n. 6, p. 767-774, 2016.

MAZLOUMI, A. et al. Assessment of mental workload Air Traffic Controllers based on task load factors in Air Traffic Control simulator. *Iran Occupational Health*, v. 13, n. 4, p. 39-48, 2016.

MEHTA, R. K.; AGNEW, M. J. Effects of concurrent physical and mental demands for a short duration static task. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 41, n. 5, p. 488-493, set. 2014.

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

MINAYO, M. C. S.; ASSIS, S. G.; OLIVEIRA, R. V. C. Impacto das atividades profissionais na saúde física e mental dos policiais civis e militares do Rio de Janeiro (RJ, Brasil). **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 4, p. 2199-2209, 2011.

MITROPOULOS, Panagiotis; MEMARIAN, Babak. Task demands in masonry work: Sources, performance implications, and management strategies. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 139, n. 5, p. 581-590, 2012.

MORAES, A.; MONT'ALVÃO, C. **Ergonomia Conceitos e Aplicações**. 4. ed. São Paulo: Editora 2AB, 2010.

MORAY, N. Mental Workload Since 1979. **International Reviews of Ergonomics**, v. 2, p. 123-150, 1988.

MORAY, N. Identifying Mental Models of Complex Human-Machine Systems, **International Journal of industrial Ergonomics**, v. 22, n. 4-5, p. 293-297, nov. 1998.

MOURA, W. **Trabalho e Doença Existencial: uma visão psicossociológica das doenças ocupacionais**. Rio de Janeiro: Laboratório de Editoração da UFRJ, 1998.

MOUZÉ-AMADY, Marc et al. Fuzzy-TLX: using fuzzy integrals for evaluating human mental workload with NASA-Task Load index in laboratory and field studies. **Ergonomics**, v. 56, n. 5, p. 752-763, 2013.

NIMBARTE, A. D. et al. Influence of psychosocial stress and personality type on the biomechanical loading of neck and shoulder muscles. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 42, n. 5, p. 397-405, set. 2012.

O'DONNELL, R. e EGGEMEIER, F. T. Workload assessment methodology. In: Boff, K. R. Kaufman, L. e Thomas, J. P. (Eds.), **Handbook of perception and human performance**. Nova York: Wiley, 1986.

OTHMAN, Norashiken; ROMLI, Fairuz Izzuddin. Mental Workload Evaluation of Pilots Using Pupil Dilation. **International Review of Aerospace Engineering (IREASE)**, v. 9, n. 3, p. 80-84, 2016.

PARASURAMAN, R. Neuroergonomics: Brain, Cognition, and Performance at Work. **Current Directions in Psychological Science**, v. 20, n. 3, p. 181-186, jun. 2011.

PASCHOAL, T.; TORRES, C. V.; PORTO, J. B. Felicidade no trabalho: Relações com suporte emocional e suporte organizacional. **RAC-Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v. 14, n. 6, art. 4, p. 1054-1072, nov./dez. 2010.

PEREIRA, K S M. **Análise da carga de trabalho em operadores de uma empresa logística da região sul**. 2018. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018.

PESSA, S. 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**. 213 f., Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, 2010.

PERREY, S.; THEDON, T. RUPP, T. NIRS in ergonomics: Its application in industry for promotion of health and human performance at work. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 40, n. 2, p. 185–189, mar. 2010.

PRESSMAN, R. S., **Engenharia de Software**, 3. ed. São Paulo: Ed. McGraw-Hill, 1995.

RASSMUSSEN, J. **Modèles en Analyse du Travail**. Viége:Mandarga, 1986.

REID, G. B., EGGEMEIER, F. T. e SHINGLEDECKER, C. A. Application of conjoint measurement to workload scale development. In: **Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting**, Los Angeles, Sage CA, p. 522-526, 1981.

REID, G. B., EGGEMEIER, F. T. e SHINGLEDECKER, C. A. Subjective workload assessment technique. In: **Proceedings of the AIAA Workshop on Flight Testing to Identify Pilot Workload and Pilot Dynamics**, p. 281-288, 1982

REID, G. B.; POTTER, S. S.; BRESSLER, J. R. . **Armstrong aerospace medical research laboratory**, July 1989

RESENDE, M. C. et al. Saúde mental e ansiedade em agentes comunitários que atuam em saúde da família em Uberlândia (MG, Brasil). **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 4, p. 2115-2122, 2011.

REZENDE, N. A. **Análise da fadiga em trabalhadores de uma empresa de pequeno porte: nasa-tlx e swat simplificado**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá). 2015.

REZENDE, N. A.; CUSTÓDIO, R. A. R.; MELLO, C. H. P. Comparação de métodos subjetivos de mensuração da fadiga de um indivíduo. In: **XXXIV Encontro nacional de engenharia de produção**, 2014, Curitiba. Anais Curitiba, 2014.

RICHARD, J. F. **Les Activités Mentales**. Paris: Armand Colin, 1990.

RIVERA, M M; ROMERO, R R. Medición De Carga Mental De Trabajo En La Industria Automotriz En México. **European Scientific Journal**, ESJ, v. 12, n. 26, 2016.

RUBIO, S.; DÍAZ, E.; MARTÍN, J.; PUENTE, J. M. Evaluation of Subjective Mental Workload: A Comparison of SWAT, NASA-TLX, and Workload Profile Methods. **Applied Psychology: an International Review**, v. 53, n. 1, p. 61-86, 2004.

RUBIO-VALDEHITA, Susana; RODRIGO-TAPIAS, Isabel. Sources of Mental Workload in a Sample of Nurses and Auxiliary Nursing Technicians from Madrid (Spain). **Revista iberoamericana de diagnostico y evaluacion-e avaliacao psicologica**, v. 1, n. 43, p. 177-185, 2017

SAATY, T. L. **The analytic Hierachy Process, Planning, Priority Setting, Resource Allocation**. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1980.

SAFARI, Shahram et al. Personnel's health surveillance at work: effect of age, body mass index, and shift work on mental workload and work ability index. **Journal of environmental and public health**, v. 2013, 2013.

SANT'ANNA, L.L.; PASCHOAL, T.; GOSENDO, E.E.M. Bem-estar no Trabalho: Relações com Estilos de Liderança e Suporte para Ascensão, Promoção e Salários. **RAC-Revista da Administração Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 5, art. 6, p. 744-764, set./out. 2012.

SCHONBLUM, Rosane. **Atributos psicométricos necessários à construção de uma medida de carga mental de trabalho**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Florianópolis, 2004

SEBOK, A. et al. The Automation Design Advisor Tool (ADAT): Development and Validation of a Model-Based Tool to Support Flight Deck Automation Design for NextGen Operations. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries**, v. 22, n. 5, p. 378–394, set./out. 2012.

SANDERS E McCORMICK E.J. **Human Factors in Engineering and Design**, Nova Iorque: McGraw-Hill, 1993

SECCO, I. A. O. Cargas psíquicas de trabalho e desgaste dos trabalhadores de enfermagem de hospital de ensino do paraná, brasil. **SMAD-Revista Eletr nica Saúde Mental  lcool e Drogas**, v. 6, n. 1, art. 15, p. 1-17, 2010.

SELIGMANN-SILVA, E. **Desgaste mental no trabalho dominado**. São Paulo: Cortez, 1994

SERAFIM, A. C. et al. Riscos Psicossociais e Incapacidade do Servidor Público: Um Estudo de Caso. **Psicologia: Ciência e Profissão**, v. 32, n. 3, p. 686-705, 2012.

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. Disponivel em:
<http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1923155>.

SHNEIDERMAN, B. **O laptop de Leonardo**. 2. ed. São Paulo: Ed. Nova Fronteira, 2006

SILVA, N. R. Fatores determinantes da carga de trabalho em uma unidade básica de saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 8, p. 393-3402, 2011.

S NMEZ, B et al. Determination of nurses' mental workloads using subjective methods. **Journal of clinical nursing**, 2016.

SOUZA, E. R. et al. Fatores associados ao sofrimento psíquico de policiais militares da cidade do Rio de Janeiro, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 7, art. 1297, p. 1297-1311, jul. 2012

TESI, A; AIELLO, A; GIANNETTI, E. The work-related well-being of social workers: Framing job demands, psychological well-being, and work engagement. **Journal of Social Work**, p. 1468017318757397, 2018.

TSANG, P.S.; VELAZQUEZ, V.L. Diagnosticity and multidimensional subjective workload ratings. **Ergonomics**, v. 39, n. 3, p. 358- 381, 1996.

ULHÔA, M. L. et al. Estresse ocupacional dos trabalhadores de um hospital público de belo horizonte: um estudo de caso nos centros de terapia intensiva. **REGE – Revista de Gestão**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 409-426, set. 2011.

VELÁZQUEZ, F. F.; LOZANO, G. M.; ESCALANTE, J. N. **Manual de ergonomía**. Madrid: Fundación MAPFRE, 1995.

VIDULICH, M. A; TSANG, P.S. Techniques of subjective workload assessment: A comparison of SWAT and the NASA-Bipolar methods. **Ergonomics**, v. 29, n. 11, p. 1385-1398, 1986

WHEELOCK, Ana et al. The impact of operating room distractions on stress, workload, and teamwork. **Annals of surgery**, v. 261, n. 6, p. 1079-1084, 2015.

WELFORD, A. T. La charge mentale de travail comme fonction des exigences de la capacité de la stratégie et de l'habileté. **Le Travail Human**, v. 40, n. 2, p. 283-304, 1977.

WICKENS, C. D. Multiple Resources and Mental Workload. **Human Factors**, v. 50, n. 3, p. 449-455, jun. 2008.

WIDYANTI, A. et al. National culture moderates the influence of mental effort on subjective and cardiovascular measures, **Ergonomics**, v. 56, n. 2, p. 182-194, dez. 2012

WIDYANTI, A.; LARUTAMA, W. The relation between performance of lean Manufacturing and employee' mental workload. In: **Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2016 IEEE International Conference on. IEEE**, 2016. p. 252-256.

WILSON, K A. et al. Forecaster Performance and Workload: Does Radar Update Time Matter?. **Weather and Forecasting**, v. 32, n. 1, p. 253-274, 2017

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

WISNER, A. A inteligência no trabalho: textos selecionados de ergonomia. São Paulo: Fundacentro; 1994.

YANG, Chih-Wei et al. Assessing mental workload and situation awareness in the evaluation of computerized procedures in the main control room. *Nuclear Engineering and Design*, v. 250, p. 713-719, 2012

ZARE, Sajad et al. The Relationship between Mental Workload and Prevalence of Musculoskeletal Disorders among Welders of Tehran Heavy Metal Structures Company in 2016. *Journal of Biology and Today's World*, v. 5, n. 12, p. 218-223, 2016.

ZHENG, Bin et al. Workload assessment of surgeons: correlation between NASA TLX and blinks. *Surgical endoscopy*, v. 26, n. 10, p. 2746-2750, 2012a.

ZHENG, Bin et al. Quantifying mental workloads of surgeons performing natural orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES) procedures. *Surgical endoscopy*, v. 26, n. 5, p. 1352-1358, 2012b.

ZIJLSTRA, F. R. H; VAN DOORN, L. **The construction of a scale to measure perceived effort**. The Netherlands: Department of Philosophy and Social Sciences, Delf University of Technology, 1985.

ZONGMIN, W. et al. A model for discrimination and prediction of mental workload of aircraft cockpit display interface. *Chinese Journal of Aeronautics*, v. 27, n. 5, p. 1070–1077, out. 2014.