

ALTERAÇÃO DA FORÇA E FADIGA MUSCULAR NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Kaline Araujo de Oliveira (UTFPR) karaujoliveira@gmail.com

Ariel Orlei Michaloski (UTFPR) autor2@conbrepro.org.br

Antonio Augusto de Paula Xavier (UTFPR) augustox@utfpr.edu.br

Ana Cristina de Oliveira (UTFPR) ana_oliveira31@hotmail.com

Camila Matos (UTFPR) matoscamila@hotmail.com

Resumo:

Os trabalhadores da construção civil enfrentam uma elevada exposição a riscos em seus postos de trabalho, sendo elas, exposição a poeiras, fumaça, cargas pesadas, posturas erradas e trabalho físico fatigante. O objetivo dessa pesquisa é analisar a produção científica relacionada à interação da fadiga muscular e a alteração de força em ambientes da construção civil. Para tanto foi realizada a revisão sistêmica de artigos que abrangiam esse tema. Foi utilizado o *Methodi Ordinatio* de Pagani, Kovalski e Resende (2015), para atingir o objetivo, pois o mesmo auxilia na sistematização do processo de busca e seleção de artigos já publicados, e também no uso de técnicas e análise bibliométrica. Para estudo, foram utilizadas três bases de dados, sendo duas estrangeiras (*Scopus e Web of Science*) e uma nacional (SciELO). Para maior atualidade foi estabelecido um o recorde temporal de 2000 até 2018. Com isso, além de sintetizar o conhecimento sobre o tema aqui tratado, ressalta-se que muitos autores propuseram fazer a quantificação da fadiga muscular e sua correlação com alteração de força, porém, poucos chegaram a conclusões bem-sucedidas, optando assim, fazer análises finais subjetivas. Desta maneira, se torna contribuinte um estudo que trate desse tema, de forma a reunir os métodos tanto com abordagens quantitativas, quanto subjetivas, para que futuros pesquisadores tenham um direcionamento inicial em seus estudos.

Palavras chave: Fadiga Muscular, Análise de Postura, Construção.

ALTERATION OF MUSCLE STRENGTH DUE TO MUSCLE FAILURE IN ENVIRONMENTS OF CONSTRUCTION: A SYSTEMATIC REVIEW OF LITERATURE

Abstract

Construction workers face increased exposure to hazards in their workplaces, such as exposure to dust, smoke, heavy loads and fatiguing physical work with postures that can cause various musculoskeletal disorders. This paper aimed to analyze the scientific production related to the relation of muscular fatigue and the change of strength in civil construction environments. Then a systemic review of articles on this topic was done. The *Methodi Ordinatio* of Pagani et. al. (2015) was used to assist in the systematization of search process and selection of articles, as well as in the use of techniques and bibliometric analysis. For the study were used the Scopus, Web of Science and SciELO databases. The temporal cut used was from 2000 to 2018. Several authors have proposed to quantify muscle fatigue and its correlation with force change, however few researchers have obtained conclusive results, choosing to make subjective final analyzes. In this way, a study that deals with this subject becomes contributor,

in order to bring together the methods with both quantitative and subjective approaches, so that future researchers have an initial orientation in their studies.

Key-words: Muscle Fatigue, Posture Analysis, Construction.

1. Introdução

A exigência muscular em uma tarefa repetitiva resulta em um desenvolvimento da fadiga muscular. Segundo Zhang et al. (2015) o trabalho na construção civil muitas vezes gera em seus trabalhadores uma fadiga devida as pesadas cargas, posturas erradas, horas de trabalho prolongadas.

O resultado disto é a diminuição da motivação e vigilância dos trabalhadores, pois subestimar um risco ou um comportamento irresponsável é a principal característica dos seres humanos e a maior causadora dos acidentes de trabalho no setor da construção, setor esse que exige uma atenção especial quanto aos requisitos para o desempenho seguro do trabalho (VONDRÁČKOVÁ; VOĽTOVÁ; NÝVLT, 2016).

A fadiga pode ser uma exaustão física e/ou mental ou até mesmo uma lesão que é resultada de um trabalho pesado corporal ou do esforço mental (ZHANG et al., 2015).

De acordo com Nath, Akhavian e Behzadan (2017), os trabalhadores da construção civil são muitas vezes obrigados a exceder a sua capacidade física natural para lidar com a complexidade e desafios rotineiros, que causam lesões corporais, o que, por sua vez, transmite grandes perdas à indústria em termos de dinheiro, tempo e produtividade.

Ainda de acordo com Nath, Akhavian e Behzadan (2017), distúrbios musculoesqueléticos são um conjunto de distúrbios ou lesões nas partes internas do corpo de uma pessoa (por exemplo, nervos, tendões, articulações, músculos e discos espinhais) que apresentam deformações relativas enquanto há o movimento.

Mediante a isto, Li et al. (2017) afirmam que é importante estimar cargas internas, pois observar, analisar e estimar como os trabalhadores realizam tarefas repetitivas é muito importante para programas de saúde e segurança, apoiando assim, medidas preventivas para prevenir ou reduzir os casos de danos a eles.

Este artigo tem como objetivo desenvolver uma análise sistemática da literatura nas bases de dados *Scopus*, *Web of Science* e *Scielo*, relacionando à interação da fadiga muscular e a alteração de força em ambientes da construção civil.

O artigo está estruturado em cinco partes. Primeiramente apresenta-se a introdução, com uma sucinta contextualização e apresentação do objetivo do trabalho. Em seguida um tópico para apresentação da metodologia de pesquisa com detalhes suficientes para que haja uma posterior replicação. Posteriormente apresenta-se um tópico dos resultados e discussões, finalizando o artigo com as conclusões e as referências.

2. Materiais e métodos

Para realizar a busca dos artigos foi utilizado o *Methodi Ordinatio* de Pagani, Kovaleski e Resende (2015), em que são considerados somente artigos, descartando teses e dissertações. A partir do seu roteiro, ilustrado na Figura 1 a seguir, inicializou o processo de exploração sobre o tema.

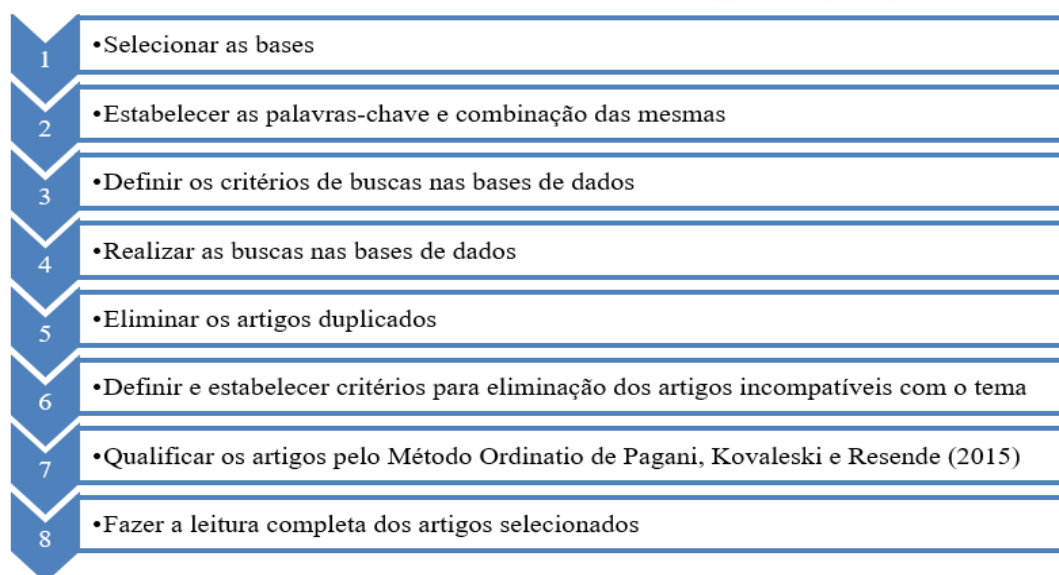


Figura 1 – Roteiro para Análise Sistemática de Literatura. Fonte: Adaptado de Pagani, Kovaleski e Resende (2015)

Inicialmente, para a seleção das bases de dados procurou-se buscar em duas bases estrangeiras e uma nacional, desta forma foram utilizadas as bases *Scopus*, *Web of Science* e *Scielo*, respectivamente. Na sequência, estabeleceu-se as palavras-chave e as suas combinações, buscando os artigos a partir disto. Como critério de busca, definiu-se procurar por artigos que tivessem as palavras-chave em seus títulos, resumos ou palavras-chave. O resultado da busca nas bases de pesquisa de acordo com cada palavra-chave está apresentado no Quadro 1.

Palavras-chave	Portal de pesquisa/ Quantidade de artigos encontrados			TOTAL
	<i>Scopus</i>	<i>Web of Science</i>	<i>Scielo</i>	
<i>“Muscle fatigue” and “Construction*”</i>	30	51	2	83
<i>“Muscle fatigue” and “Building”</i>	22	113	0	135
<i>“Muscle fatigue” and “Repetitive lifting”</i>	17	51	0	68
<i>“Muscle fatigue” and “Posture analysis”</i>	4	140	1	145
<i>“Repetitive work” and “Building”</i>	10	10	0	20
<i>“Repetitive work” and “Construction*”</i>	23	21	10	54
<i>“Ergonomic risk” and “Building”</i>	10	2	1	13
<i>“Ergonomic risk” and “Construction*”</i>	22	18	5	45
TOTAL	138	406	19	563

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Quadro 1 – Resultado das combinações das palavras chaves

Com o resultado, percebeu-se que a base que mais gerou artigos sobre o tema, foi a *Web of Science*. A pesquisa e seleção dos artigos foi realizada em junho de 2018, buscando assim, artigos publicados com um recorde temporal de 2000 a 2018. A partir disso, utilizou-se uma ferramenta de gerenciamento de referências, o gerenciador *Software Mendeley Desktop*®.

Após a exportação ao gerenciador, foram eliminados os artigos duplicados e assim, seguiu-se

para a etapa de eliminação dos artigos incompatíveis com o tema. Para isso, foram escolhidos dois critérios: o de eliminação pelo título e eliminação pela leitura de resumo.

Dos 563 artigos encontrados 173 foram eliminados por duplicatas, 253 por leitura de títulos e 101 por leitura de resumos. Ao final da etapa de seleção do portfólio bibliográfico obteve-se 36 artigos selecionados, alinhados com o tema e com reconhecimento científico.

A partir disso, os 36 artigos selecionados foram submetidos ao *Methodi Ordinatio* de Pagani, Kovalesski e Resende (2015). O fator de impacto foi extraído de cada periódico, o ano de publicação diretamente do artigo em acesso e o número de citações, por meio do *Google Scholar*.

Conforme o resultado do *InOrdinatio*, obtido pela Equação 1, foi possível qualificar os artigos de maior relevância científica.

$$InOrdinatio = \left((Fi/1000) + \alpha[10 - (APe - APu)] + (\sum Ci) \right) \quad (1)$$

Onde: Fi – Fator de impacto do periódico; α : Coeficiente atribuído pelo pesquisador, normalmente 10; APe: Ano de realização da pesquisa; APu: Ano de publicação de artigo; Ci: Número de citação do artigo em outros estudos.

Os dados e informações extraídos do *Software Mendeley*, como nome dos autores, título dos artigos, respectivos fatores de impacto, anos de publicações e números de citações, foram organizados no *Microsoft Excel*. Para análise, os 10 primeiros artigos classificados foram lidos e os pontos principais foram identificados. Os artigos classificados estão no Quadro 2, a seguir.

Título	Ano	InOrdinatio
<i>Factors Affecting the Success of a Construction Project</i>	2004	472,2
<i>Management of climatic heat stress risk in construction: A review of practices, methodologies, and future research</i>	2014	112,0
<i>A framework for evaluating muscle activity during repetitive manual material handling in construction manufacturing</i>	2017	102,4
<i>Ergonomic analysis of construction worker's body postures using wearable mobile sensors</i>	2017	101,9
<i>A Fuzzy Logic Approach to Posture-based Ergonomic Analysis for Field Observation and Assessment of Construction Manual Operations</i>	2016	95,0
<i>Heavy Physical Work: Cardiovascular Load in Male Construction Workers</i>	2016	94,1
<i>Simulation-Based Assessment of Workers' Muscle Fatigue and Its Impact on Construction Operations</i>	2016	92,2
<i>Influence of fatigue on construction workers' physical and cognitive function</i>	2015	83,1
<i>Work-Related Musculoskeletal Symptoms among Building Construction Workers in Riyadh, Saudi Arabia</i>	2013	64,5
<i>A Literature Review of Ergonomics Risk Factors in Construction Industry</i>	2011	64,2

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Quadro 2 – Artigos selecionados para leitura sistemática

3. Resultados e discussões

Para analisar qual é a relação da alteração da força muscular e a fadiga muscular em ambientes da construção civil, os 10 primeiros artigos classificados foram lidos e os pontos principais foram identificados.

Nos quadros a seguir será mostrado cada um dos artigos, seus respectivos autores, objetivo, metodologia e considerações sobre seus resultados.

Logo em seguida, a discussão dos artigos será realizada em ordem de classificação do *InOrdinatio*. Para tanto, as referências dos mesmos podem ser encontradas ao final do artigo.

Quadro 3: Análise do artigo 1

Artigo	<i>Factors Affecting the Success of a Construction Project</i>
Autor e Ano	Chan, Scott e Chan (2004)
Objetivo	Desenvolver uma estrutura conceitual sobre fatores críticos de sucesso
Metodologia	Agrupamento de fatores críticos ao sucesso de uma construção.
Considerações	É necessário um estudo mais aprofundado sobre os principais indicadores de desempenho.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Quadro 4: Análise do artigo 2

Artigo	<i>Management of climatic heat stress risk in construction: A review of practices, methodologies, and future research</i>
Autor e Ano	Rowlinson et al. (2014)
Objetivo	Revisão bibliográfica
Metodologia	As práticas e metodologias são revisadas criticamente
Considerações	Autores propõem metodologia simplificada para facilitar decisões efetivas por supervisores de linha de frente.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Quadro 5: Análise do artigo 3

Artigo	<i>A framework for evaluating muscle activity during repetitive manual material handling in construction manufacturing</i>
Autor e Ano	Li et al. (2017)
Objetivo	Propor um método de avaliação da força muscular e o desenvolvimento da fadiga muscular usando eletromiografia de superfície (EMGs) e modelagem do corpo humano.
Metodologia	Dentro de um laboratório foram realizadas simulações de levantamento de material pesado repetitivo com três voluntários homens. Com isso, houve a construção de um modelo de corpo. O desempenho muscular baixo das costas devido a tarefa repetitiva é investigado através da EMGs. Análise pelo <i>Software AnyBody Technology</i> .
Considerações	Não há a identificação de fadiga muscular severa nos resultados.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Quadro 6: Análise do artigo 4

Artigo	<i>Ergonomic analysis of construction worker's body postures using wearable mobile sensors</i>
Autor e Ano	Nath, Akhavian e Behzadan (2017)
Objetivo	Apresentar uma metodologia para facilitar o processo de monitoração discreta das posturas corporais dos trabalhadores para avaliar de forma autônoma e antecipar potenciais fatores de risco.

Metodologia	Enquanto um trabalhador realizava sua tarefa típica, <i>smartphones</i> foram usados como dispositivos de coleta de dados para demonstrar o potencial de dispositivos móveis na avaliação ergonômica. Após isso, foi desenvolvida uma equação para medir flexões do tronco e ombro a partir dos dados sensoriais dos <i>smartphones</i> .
Considerações	A metodologia desenvolvida pode ser considerada uma ferramenta confiável para análise de risco ergonômico de tarefas de construção manual, porém em apenas flexões do tronco e ombros dos trabalhadores.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Quadro 7: Análise do artigo 5

Artigo	<i>A Fuzzy Logic Approach to Posture-based Ergonomic Analysis for Field Observation and Assessment of Construction Manual Operations</i>
Autor e Ano	Golabchi, Han e Fayek (2016)
Objetivo	Propor uma abordagem de lógica difusa.
Metodologia	Modelagem da lógica difusa dos sistemas de pontuação RULA
Considerações	Resultados revelam que o sistema proposto produz resultados mais precisos do que os métodos tradicionais e, portanto, ajuda a minimizar os erros humanos na observação para uma avaliação ergonômica confiável no local.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Quadro 8: Análise do artigo 6

Artigo	<i>Heavy Physical Work: Cardiovascular Load in Male Construction Workers</i>
Autor e Ano	Lunde et al. (2016).
Objetivo	Explicar as cargas cardiovasculares (CVL) em trabalhadores da construção civil durante o trabalho.
Metodologia	Avaliação do nível de CVL em relação a fatores individuais, capacidade de trabalho, dor musculoesquelética e saúde geral subjetiva.
Considerações	A CLV varia entre as profissões na construção. A idade e a aptidão aeróbica são fatores individuais que influenciam a carga cardiovascular no trabalho.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Quadro 9: Análise do artigo 7

Artigo	<i>Simulation-Based Assessment of Workers' Muscle Fatigue and Its Impact on Construction Operations</i>
Autor e Ano	JoonOh Seo, SangHyun Lee e Jongwon Seo (2016)
Objetivo	Compreender como a fadiga em trabalhadores afeta as operações de construção em determinadas cargas de trabalho
Metodologia	Simulação de eventos discretos
Considerações	São necessários mais estudos para refletir a fadiga dos trabalhadores.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Quadro 10: Análise do artigo 8

Artigo	<i>Influence of fatigue on construction workers' physical and cognitive function</i>
Autor e Ano	Zhang et al. (2016)
Objetivo	Avaliar a associação entre a fadiga dos trabalhadores da construção e suas dificuldades percebidas com funções físicas e cognitivas.
Metodologia	Análise qualitativa
Considerações	Os dados empíricos levam a concluir que as habilidades físicas e mentais de um trabalhador estão relacionadas ao seu nível de fadiga.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Quadro 11: Análise do artigo 9

Artigo	<i>Work-Related Musculoskeletal Symptoms among Building Construction Workers in Riyadh, Saudi Arabia</i>
Autor e Ano	Meo et. al (2013)
Objetivo	Fazer a investigação dos sintomas musculoesqueléticos
Metodologia	Dados empíricos e análise estatística
Considerações	Existe um relacionamento duração-resposta com exposições mais longas que aumentaram a queixas musculoesqueléticas, ou seja, quanto maior o tempo de trabalho, maior será a possibilidade de haver queixas musculoesqueléticas.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Quadro 12: Análise do artigo 10

Artigo	<i>A Literature Review of Ergonomics Risk Factors in Construction Industry</i>
Autor e Ano	Jaffar et. al (2011)
Objetivo	Analisar os fatores de riscos ergonômicos na indústria da construção.
Metodologia	Estudo bibliográfico
Considerações	Os fatores de risco incluem trabalhar com postura, vibração e força estranhas que podem vir de agarrar, levantar, empurrar ou puxar e repetição.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

3.1 Revisões bibliográficas

As revisões bibliográficas foram as que mais apresentaram pontuações quanto ao *InOrdinatio*, sendo assim, os artigos de Chan, Scott e Chan (2004) e Rowlinson et al. (2014) serão expostos a seguir.

O artigo de Chan, Scott e Chan (2004) apresentou um estudo empírico dos fatores críticos ao sucesso de uma construção. Neste, os autores destacam e esclarecem as variáveis: projeto, custos, gerenciamento de projetos, participantes e fatores externos. Deixando claro que uma variável pode influenciar em pelo menos uma outra variável e vice-versa, contudo, o fator humano sempre interfere em todas as variáveis, pois as pessoas estão envolvidas desde a montagem do projeto até a construção final. Ressaltam que existe a necessidade de mais estudos focados quando o assunto é sobre fatores críticos de sucesso e indicadores de desempenho.

Em contrapartida, a revisão de Rowlinson et al. (2014) a priori destacaram risco climático e os acidentes de construção. Desta forma, foi caracterizado que o trabalho físico pesado causa nos trabalhadores uma tensão física, induzindo assim o ganho de calor metabólico. A partir disso, os fatores chaves de medidas de estresse térmico na construção civil são citados, sendo eles, temperatura do ar, umidade, calor radiante, velocidade do vento indicando o meio ambiente, calor metabólico gerado pelo físico e "efeito de roupa" que modifica a troca de calor entre o corpo e o meio ambiente, mencionando alguns indicadores. Esse foi o único artigo de relevância que integrou o assunto de estresse térmico.

3.2 Avaliações quantitativas

No estudo de Li et al. (2017), foi observado que a atividade muscular é uma métrica importante que fornece informações sobre a carga e função do controle muscular. Com isso, os autores propuseram fazer uma estrutura de avaliação força muscular e o desenvolvimento da fadiga muscular devido a tarefas de levantamento manual de cargas pesadas usando uma modelagem musculoesquelética e uma análise de eletromiografia de superfície que quantifica a atividade do músculo lombar. Também utilizaram o *Software AnyBody Modeling System*, que é um *software* para desenvolvimento e análise do sistema musculoesquelético, ajudando a avaliação dinâmica da interação do corpo humano com os elementos da estação de trabalho e é capaz de

capaz de calcular forças musculares e momentos comuns usando técnicas avançadas de otimização para resolver o problema de redundância muscular. Foi um estudo com capacidade limitada na identificação da fadiga, já que o protocolo não possuía intensidade necessária para o desenvolvimento da fadiga não permitindo o monitoramento na técnica de eletromiografia de superfície. Com isso, os dados registrados na eletromiografia de superfície foram comparados qualitativamente com as forças musculares previstas pelo modelo do corpo humano.

O próximo trabalho, seguindo a classificação, é o artigo de Nath, Akhavian e Behzadan (2017). Neste os autores, abordam o uso de sensores de smartphones incorporados para monitorar de forma discreta as posturas corporais dos trabalhadores e fazer a identificação de forma autônoma, possíveis riscos ergonômicos relacionados ao trabalho. Primeiramente, eles explicam que existem oito fatores de risco relacionados distúrbios músculos esqueléticos no trabalho que incluem: força, repetição, posturas incômodas, posturas estáticas, movimento rápido, compressão ou estresse de contato, vibração e temperaturas extremas. E a partir disso, apresentam uma metodologia para facilitar o processo de monitoração discreta das posturas corporais dos trabalhadores. Enquanto um trabalhador estava executando uma tarefa, os dados sensoriais eram coletados em dois smartphones, um no braço superior e outro na cintura, no entanto, avaliação de uma postura consiste em medir os ângulos de desvio de várias partes do corpo, o que não ocorreu no estudo, focando em apenas flexões do tronco e ombros dos trabalhadores. Mesmo sendo validado, o estudo apresenta discussões e conclusões parciais.

Golabchi, Han e Fayek (2016) ressaltou que em uma observação de campo, há dificuldades no que se refere a estimativa visual de posturas humanas (por exemplo, ângulos articulares do corpo) exigidas em algumas análises ergonômicas, ocorrendo isso devido à subjetividade dos observadores. A partir disso, os autores propõem uma abordagem de lógica difusa, ou seja, uma ferramenta matemática que lida com o raciocínio, para avaliações ergonômicas baseadas na Avaliação Rápida dos Membros Superiores (RULA). Para observar a correlação entre RULA e a lógica difusa, uma análise de correlação foi realizada usando o coeficiente de correlação de *Spearman*. Os resultados implicam que a abordagem da lógica difusa à análise ergonômica é capaz de lidar fortemente com questões de percepção humana, ou seja, revelaram que o sistema proposto produz resultados mais precisos do que os métodos tradicionais, ajudando assim, a minimizar os erros humanos na observação para uma avaliação ergonômica confiável.

Em contrapartida, Lunde et al. (2016) explanou cargas cardiovasculares em trabalhadores da construção civil durante o trabalho em relação ao lazer por frequência cardíaca relativa. Além disto, avaliou as mesmas cargas cardiovasculares em relação a fatores individuais, como: capacidade de trabalho, dor musculoesquelética e saúde geral subjetiva. Foi utilizado questionário para saber sobre: fumo, nível de exaustão durante o trabalho, capacidade do trabalho, saúde percebida, distúrbios musculoesqueléticos, nível de atividade física no tempo de lazer, além de uma avaliação da capacidade física e uma avaliação da carga cardiovascular. A gravação de frequência cardíaca foi realizada com o *Actiheart 4*, que é um pequeno dispositivo de monitoramento.

Como resultado, 10% dos pesquisados apresentaram uma frequência cardíaca relativa média acima de 33% durante o trabalho (carpinteiros e pedreiros), 90% não (mestres e líderes da obra), mostrando que há altas exigências físicas em determinadas tarefas, mas os outros dados não mostraram o aumento significativo em queixas musculoesqueléticas ou a diminuição na capacidade de trabalho relatada com o aumento das demandas cardiovasculares.

O artigo de Seo, Lee e Seo (2016), afirma que os trabalhadores da construção civil sofrem um nível significativo de fadiga muscular e isso pode impactar negativamente o desempenho de

um projeto, com isso, os autores propuseram fazer a avaliação quantitativamente do impacto da fadiga muscular durante as operações de construção, com uma abordagem de simulação de evento discreto, porém modelo testado foi realizado com menos cargas que o diário de uma alvenaria. Contudo, seus resultados indicaram que o cenário operacional aprimorado para desempenho de tempo e custo pode expor as demandas físicas excessivas dos trabalhadores e, portanto, um atraso inesperado da operação devido à fadiga muscular dos trabalhadores pode ser observado. Concluindo então que incorporar a fadiga muscular na fase de projeto operacional fornece uma compreensão sistemática do trade-off entre os desempenhos de tempo e custo e os riscos ergonômicos.

O artigo de Zhang et al. (2015) foi o sexto selecionado. Reunindo dados de adultos (18 anos ou mais) do inquérito National Health Interview Survey (NHIS) nos anos de 2010 e 2011, trabalhadores da construção civil, um estudo empírico foi desenvolvido pelos autores para avaliar a ligação entre a fadiga mencionada pelos trabalhadores da construção e suas dificuldades percebidas com funções físicas e cognitivas. A partir de questionamentos e auto relato, dois modelos de regressão lógica multivariada foram desenvolvidos para antever dificuldades com a função física e cognitiva pela sensação de cansaço ou exaustão, enquanto controlam a idade, o estado de tabagismo, o consumo de álcool, a higiene do sono, o estresse psicológico e o estado da artrite. Em suas discussões, chegou-se a uma afirmação que, os trabalhadores que se sentiam cansados ou esgotados eram mais propensos a reportar dificuldade com a função física e cognitiva do que os trabalhadores que não se sentiam cansados, sugerindo assim, que as habilidades físicas e mentais de um trabalhador estão relacionadas ao seu nível de fadiga. Contudo, existiram limitações neste estudo, pois houve a inclusão de dados transversais e medidas de auto relato.

No estudo de Meo et al. (2013) foi afirmado que os distúrbios musculoesqueléticos são os problemas de saúde relacionados ao trabalho mais comuns e são uma causa importante de deficiências funcionais e deficiência na construção de edifícios, posteriormente, objetivou-se investigar os sintomas musculoesqueléticos entre os trabalhadores que trabalham na indústria de construção civil. Foram entrevistados e aplicado questionário à 540 trabalhadores da construção civil, reunindo informações sobre variáveis antropométricas, tabagismo, condições de ocupação, exposição trabalhada, qualquer história conhecida de doenças presentes e passadas, condições de exposição durante o horário de trabalho e questões sobre problemas musculoesqueléticos. Após isso, realizou uma análise estatística, utilizando Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) software version 19.0, um teste do qui-quadrado e tendência linear de qui-quadrado utilizados para comparar os sintomas musculoesqueléticos entre os indivíduos. O cálculo do coeficiente de Spearman foi realizado para descobrir a relação entre a idade e a duração do trabalho na indústria da construção com queixas musculoesqueléticas. Por fim, foi encontrada uma relação duração-resposta com exposições mais longas que levaram a queixas musculoesqueléticas aumentadas, mostrando que os trabalhadores que já havia pelo menos, seis anos de trabalho nesse setor, detinham mais distúrbios osteomusculares que outros trabalhadores que tinham menos de seis anos.

Também sendo uma análise bibliográfica, o próximo artigo selecionado dos autores Jaffar et al. (2011) fizeram uma análise dos fatores de risco ergonômicos na indústria da construção. Focou em definições básicas de ergonomia e fatores de riscos que podem aumentar a probabilidade de lesão no sistema musculoesquelético. Os fatores de risco apresentados são postura errada, vibração e alteração de força que podem vir de agarrar, levantar, empurrar ou puxar, repetição, temperaturas extremas, seja extremamente frio ou quente. Além do estresse de contato de músculos e tendões também aumentará a probabilidade de lesão.

Em todos os artigos analisados, a alteração da fadiga proporciona ao trabalhador da construção civil uma alteração de forças e consequentemente distúrbios musculoesqueléticos, seja em resultados quantitativos ou em qualitativos.

As ferramentas utilizadas pelos autores para mensurar a alteração da força e fadiga no trabalho em ambientes da construção civil variaram bastante, mostrando que não existe nenhuma consolidada. Essa variação permite que futuros estudos cheguem a resultados sólidos, sejam eles por meio de simulação, eletromiografia, Workplace Ergonomic Risk Assessment, modelagens difusas, utilizando aplicativos de celulares entre outros.

4. Conclusões

Os trabalhadores da construção civil enfrentam uma elevada exposição a riscos em seus postos de trabalho, sendo elas, exposição a poeiras, fumaça, cargas pesadas e trabalho físico fatigante com posturas, em grande parte do tempo, erradas, que podem causar vários distúrbios musculoesqueléticos. A diversidade de assuntos associados a esse tema e a sua importância são abordados nesta análise, uma vez que, a partir de uma combinação de palavras-chave mostra o quanto isso foi estudando e ainda precisa ser aprofundado em nosso cotidiano.

Distúrbios musculoesqueléticos, alterações de forças e fadiga, riscos físicos, químicos e ergonômicos interferem na capacidade física e mental de muitas formas, sendo na produtividade ou sendo na orientação espacial e na saúde.

Quando há o elevado relato do sentimento de cansaço no trabalho, há a possibilidade da dificuldade com a função física e função cognitiva. E a fadiga deve ser considerada um fator de risco de segurança entre os trabalhadores da construção civil.

O artigo teve como objetivo sintetizar o conhecimento sobre o tema aqui tratado, ressaltando muitos autores que propuseram a fazer análises quantitativas da fadiga muscular e sua correlação com alteração de força, porém, poucos chegaram a conclusões bem-sucedidas, optando assim, fazer análises finais qualitativas. Desta maneira, se torna contribuinte um estudo que trate desse tema, de forma a reunir todos os métodos já desenvolvidos tanto com abordagens quantitativas, quanto qualitativas, para que futuros pesquisadores tenham um direcionamento inicial em seus estudos.

Referências

- CHAN, A.P.C.; SCOTT, D.; CHAN, A.P.L.** *Factors Affecting the Success of a Construction Project*. Journal of Construction Engineering and Management, [s.l.], v. 130, n. 1, p.153-155, fev. 2004. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9364\(2004\)130:1\(153\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(2004)130:1(153)).
- GOLABCHI, A.; HAN, S.; FAYEK, A.R.** *A fuzzy logic approach to posture-based ergonomic analysis for field observation and assessment of construction manual operations*. Canadian Journal of Civil Engineering, [s.l.], v. 43, n. 4, p.294-303, abr. 2016. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/cjce-2015-0143>.
- JAFFAR, N.; ABDUL-THARIM, A.H.; MOHD-KAMAR, I.F.; LOP, N.S.** *A Literature Review of Ergonomics Risk Factors in Construction Industry*. Procedia Engineering, [s.l.], v. 20, p.89-97, 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.142>.
- LI, X.; KOMEILI, A.; GÜL, M.; EL-RICH, M.** *A framework for evaluating muscle activity during repetitive manual material handling in construction manufacturing*. Automation in Construction, [s.l.], v. 79, p.39-48, jul. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2017.01.005>.
- LUNDE, L.; KOCH, M.; VEIESTED, K.B.; MOEN, G.; WÆRSTED, M.; KNARDAHL, S.** *Heavy Physical Work: Cardiovascular Load in Male Construction Workers*. International Journal of Environmental

Research and Public Health, [s.l.], v. 13, n. 4, p.356-371, 23 mar. 2016. MDPI AG.
<http://dx.doi.org/10.3390/ijerph13040356>.

MEO, S.A.; ALSAARAN, Z.F.; ALSHEHRI, M.K.; KHASHOUGJI, M.A.; ALMETERK, A.A.Z.; ALMUTAIRI, S.F.; ALSAEED, S.F. *Work-Related musculoskeletal symptoms among building construction workers in Riyadh, Saudi Arabia*. Pakistan Journal of Medical Sciences, [s.l.], v. 29, n. 6, 30 set. 2013. Pakistan Journal of Medical Sciences. <http://dx.doi.org/10.12669/pjms.296.4052>.

NATH, N.D.; AKHAVIAN, R.; BEHZADAN, A.H. *Ergonomic analysis of construction worker's body postures using wearable mobile sensors*. Applied Ergonomics, [s.l.], v. 62, p.107-117, jul. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2017.02.007>.

PAGANI, R.N.; KOVALESKI, J.L.; RESENDE, L.M. *Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citations, and year of publication*. Scientometrics Volume 105, issue 3, pp 2109–2135. doi:10.1007/s11192-015-1744-x.

ROWLINSON, S.; YUNYANJIA, A.; LI, B.; CHUANJINGJUB, C. *Management of climatic heat stress risk in construction: A review of practices, methodologies, and future research*. Accident Analysis & Prevention, [s.l.], v. 66, p.187-198, maio 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.08.011>.

SEO, J.; LEE, S.; SEO, J. *Simulation-Based Assessment of Workers' Muscle Fatigue and Its Impact on Construction Operations*. Journal of Construction Engineering and Management, [s.l.], v. 142, n. 11, nov. 2016. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001182](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001182).

VONDŘÁČKOVÁ, T.; VOĽTOVÁ, V.; NÝVLT, V. *The human factor as a cause of failures in building structures*. Matec Web of Conferences, [s.l.], v. 93, 22 dez. 2016. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/201779303005>.

ZHANG, M.; MURPHY, L. A.; FANG, D.; CABAN-MARTINEZ, A.J. *Influence of fatigue on construction workers' physical and cognitive function*. Occupational Medicine, [s.l.], v. 65, n. 3, p.245-250, 20 fev. 2015. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/occmed/kqu215>.