CORE
Metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
Provided by Archives of the Faculty of Veterinary Medicine UFRGS

Produto & Produção, vol. 16 n. 3, p. 66-78, set. 2015

RECEBIDO EM 25/08/2015. ACEITO EM 25/08/2015.

Relação entre as demandas psicofísicas e a carga de trabalho percebida em um sistema de produção enxuto

Marcelo Pereira da Silva
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
mpsergo@producao.ufrgs.br

Guilherme Luz Tortorella
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
gtortorella@bol.com.br

Manuela Testoni
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
testonimanuela@gmail.com

RESUMO

A adoção do modelo *lean* significa a implementação sistemática de diversas práticas administrativas. Tal modelo apresenta o elemento humano como o fator chave nos contínuos esforços de aprimoramento,influenciando diretamente no conteúdo de trabalho dos empregados e em sua qualidade. Entretanto , há poucas evidências sobre pesquisas que consistem na avaliação quantitativa da demanda de trabalho, psicológica ou física , em um ambiente de produção enxuta. Portanto, este estudo tem por objetivo analisar do ponto de vista da ergonomia a demanda psicofísica e carga de trabalho percebida do trabalhador dentro de células de montagem em implantação *lean*. O modelo proposto integra conceitos complementares de técnicas amplamente conhecidas, permitindo a consolidação de vários critérios de avaliação em um índice específico para ambas as demandas psicológicas e físicas. Tal método é ilustrado em um estudo de caso em uma indústria de autopeças, cuja aplicação é realizada em três células de montagem. Nossos resultados mostram lacunas sistêmicas entre demanda de trabalho e o perfil dos empregados, indicando oportunidades de melhoria, a fim de proporcionar um melhor ambiente de trabalho.

Palavras-chave: Ergonomia, sistema *lean*, modelo.

ABSTRACT

The adoption of *lean* model means a systematic implementation of various management practices. Such model presents the human element as a key factor in continuous improvement efforts, influencing workers' job content and work quality. However, there are few evidences

regarding researches on quantitative assessment of the work demand, either psychological or physical, in a *lean* production environment. Therefore, this study aims to analyze from an ergonomics perspective the psychophysical demand and worker's perceived workload within assembly cells undergoing *lean* implementation. The proposed method integrates complementary concepts of widely known techniques, enabling the consolidation of several assessment criteria into one particular index for both psychological and physical demands. Such method is illustrated in a case study in an auto parts industry, whose application is performed in three assembly cells. Our findings show systemic gaps between work demand and employees' profile, indicating improvement opportunities in order to provide a better work environment.

Keywords: Ergonomics, *Lean* system, Framework.

1. Introdução

Qualquer empresa bem sucedida no cenário vigente da economia global deve possuir uma organização de trabalho efetiva e eficaz em questões de administração a fim de otimizar as demandas de trabalho e as condições da mão de obra e, subsequentemente, estabelecer as melhores práticas de trabalho conducentes ao máximo da saúde e bem estar, produtividade e qualidade de trabalho (Oneill, 2005; Genaidy; Karwowski, 2003). A adoção do modelo de sistemas de produção enxuta significa a implementação sistemática de diversos métodos e práticas administrativas, como por exemplo, a manufatura *just-in-time*, trabalho em equipe e *jidoka* (Seppala & Klemola, 2004). Tal modelo apresenta o elemento humano como o fator chave nos contínuos esforços de aprimoramento. Logo, ele influencia diretamente no conteúdo de trabalho e em sua qualidade, uma vez que abre grandes oportunidades para participação, controle do trabalhado e aprendizado (Getty, 1999). Eklund (2000), por exemplo, demonstra em suas pesquisas uma relação clara entre a demanda de trabalho (demanda física e psicológica) e qualidade e produtividade do desempenho.

As práticas enxutas e sua influência sobre o desempenho humano é ainda mais complicado pelo fato de que as possíveis consequências do *lean* também estarão relacionadas com o contexto e a sua implementação (Vieira et al., 2012). Tem de se esperar que o contexto do local de trabalho tenha uma influência sobre os motivos para a introdução do modelo de produção enxuta, como a produção enxuta é interpretada, e que aspectos são enfatizados. Se, por exemplo, as relações industriais são hostis com baixos níveis de confiança entre a gerência e os empregados, a produção enxuta será abordada e enquadrada de forma bastante diferente de uma situação com altos níveis de confiança e uma forte colaboração entre as duas partes (Hasle, 2014).

Pesquisas na ergonomia têm focado no trabalho de produção regular em grande escala Eklund (2000). Entretanto, Backstrand et al. (2013) comentou que é importante enxergar fatores humanos ou ergonômicos como parte das práticas de produção enxuta. O modelo de produção enxuta difere radicalmente do modelo de produção em massa em termos da demanda e motivadores de trabalho atuando nos trabalhadores. Teoricamente, um verdadeiro modelo de produção enxuta pode demandar os recursos musculares, cognitivos e emocionais dos trabalhadores até o limite. Ao mesmo tempo, esse modelo deve implantar uma bateria integrada de motivadores de trabalho a fim de trazer compatibilidade com as demandas musculares, cognitivas e emocionais. Motivadores de trabalho devem incluir segurança, diversidade de tarefas, incentivos financeiros, desenvolvimento e utilização de competências, conhecimento do desempenho organizacional entre outros (Seppala; Klemola, 2004; Toralla et al., 2012).

Este estudo tem como objetivo desenvolver um modelo que permita identificar as principais lacunas entre as demandas psicofísicas e a carga de trabalho percebida dentro de células de montagem submetidas a uma implementação de produção enxuta. O modelo proposto compreende a integração de abordagens complementares, que fornece uma análise mais robusta e holística, indicando se as lacunas de demanda identificadas são sistêmicas ou pontuais, priorizando assim as melhorias. Além disso, uma vez que a avaliação é realizada com base no balanço da carga de trabalho existente entre os trabalhadores no interior das células, o modelo

proposto permite identificar os gargalos psicofísicos criados com o trabalho padronizado estabelecido, o que geralmente não leva em conta esses detalhes (Rother; Harris, 2001).

Esta pesquisa é ilustrada em um estudo de caso realizado em três células de montagem de uma empresa fabricante de autopeças, que tem implementado práticas de produção enxuta há mais de vinte anos. Apesar do fato de que essas células têm sido continuamente expostas a práticas de produção enxuta e atividades de melhoria, elas são as que fabricam os componentes mais pesados e apresentam o nível mais elevado de queixas de trabalho no departamento médico da empresa. Assim, com a aplicação do modelo proposto, espera-se compreender as exigências existentes e as questões mais críticas, de modo que as possibilidades de melhoria possam ser endereçadas.

2. Demanda de trabalho e a produção enxuta

A demanda de trabalho pode ser tanto física quanto psicológica, embora estejam conectado um com o outro e não possam ser completamente separados quando alguém executa uma tarefa específica. Além disso, a mesma tarefa pode resultar em diferentes níveis de exigência por causa das diferenças nas capacidades humanas, esforços, atitudes, conhecimento, habilidades, limitações e estados de consciência situacional, a complacência, fadiga, tédio, ansiedade, estresse, etc. (Lean; Shan, 2012). Mudanças no desempenho e comportamento humano resultantes de demandas psicológicas estão intimamente relacionados com as alterações fisiológicas e bioquímicas no corpo, que são baseados na regulação nervosa (Zink, 2000). Além disso, para avaliar se um sistema tem uma concepção adequada e uma demanda de trabalho razoável é necessário acumular evidência que é tanto de natureza quantitativa quanto qualitativa. Tal evidência é acumulada a partir de uma variedade de fontes das engenharias e das humanas (Macleod, 2003).

Durante a preparação para a implementação da produção enxuta, é importante identificar lesões musculoesqueléticas (doenças osteomusculares) e riscos e dificuldades psicológicas, uma vez que muitos problemas podem ser evitados se forem conhecidos direto na primeira etapa e, a fim de melhor preparar o ambiente de trabalho [19]. Koukoulaki (2014) examina os efeitos das práticas de produção enxuta nas Lesões Musculoesqueléticas (LME), estresse e fatores de risco associados. As LME relacionadas com o trabalho cobrem uma vasta gama de doenças inflamatórias e degenerativas do aparelho locomotor. São exemplos de fatores de risco a manipulação repetitiva em alta frequência, posturas estáticas, esforço elevado, vibração, etc. Riscos psicológicos relacionados ao trabalho dizem respeito a aspectos de *design* e gerência do trabalho e seus contextos sociais e organizacionais que têm o potencial para causar danos físicos ou psicológicos (Brannmark, 2013). Riscos psicológicos são as exigências do trabalho, a pressão do tempo, baixo controle sobre o trabalho, as relações sociais com superiores e colegas, insegurança no trabalho, etc. (Oneill, 2003).

A literatura apresenta poucas evidências de pesquisas sobre a avaliação quantitativa da demanda de trabalho em um ambiente de produção enxuta. No entanto, existem alguns dados disponíveis - a partir de EUA e Europa - para responder perguntas sobre o impacto da produção enxuta em dimensões de trabalho e saúde. O trabalho de produção foi substancialmente explorado em termos de *design* de trabalho Eklund (2000). Entretanto, a maior parte dos estudos que investigaram os efeitos de saúde e segurança do modelo de produção enxuta está na indústria de fabricação de automóveis (Koukoulaki, 2014; Ulfsfalt et al., 2003; Joseph, 2003). Em termos de implicações gerenciais, Hagg (2003) discute diferentes autonomias corporativas em relação à demanda de trabalho em ambientes enxutos e afirma que a maioria delas são limitadas ou apresentam lacunas metodológicas significativas, que implicam análises e resultados fracos. Na verdade, poucas organizações estudam suas operações em detalhe, enquanto eles parecem estar a funcionar de forma satisfatória (Beevis, 2003).

O foco da pesquisa começou a mudar a partir de efeitos de exposição mecânica e de saúde como LME para os fatores de risco psicossociais e estresse. A razão por trás da mudança de efeitos pode estar nas características do trabalho que causam LME não serem tão extremas

nesses setores de manufatura em comparação com a indústria automotiva (Christmansson et al., 1999; Parker, 1995).

Além disso, a relação entre a demanda de trabalho e a saúde dos trabalhadores não é totalmente conhecida neste contexto. Tal informação é vital para avaliar as melhores práticas de desempenho humano que possam promover a saúde do trabalhador e melhorar a produtividade e a qualidade do trabalho em ambientes de produção enxuta. Genaidy e Karwowski (2003) afirmam que a pesquisa sobre o desempenho humano em ambientes de produção enxuta tem sido dificultada pelas inadequações dos estudos anteriores, do ponto de vista teórico e metodológico. Beevis (2003) menciona que as preocupações sobre a confidencialidade comercial e o custo da necessária coleta de dados e análise de esforço também são os desincentivos ao desenvolvimento de estudos de caso.

3. Método de proposto

Para atender o objetivo deste trabalho o método de pesquisa começou com uma coleta de dados demográficos e análise prévia dos processos de trabalho. Esta avaliação inicial tem a intenção de fornecer uma perspectiva real de sistema *lean* antes que o modelo fosse instalado. Depois disso, o desenvolvimento do modelo foi realizado com base em três etapas principais (ver Figura 1): (i) definir métodos adequados para avaliação de características do trabalho e do trabalhador, (ii) definir a demanda psicofísica e o critério da carga de trabalho do trabalhador percebido e (iii) analisar lacunas e identificar oportunidades de melhoria.

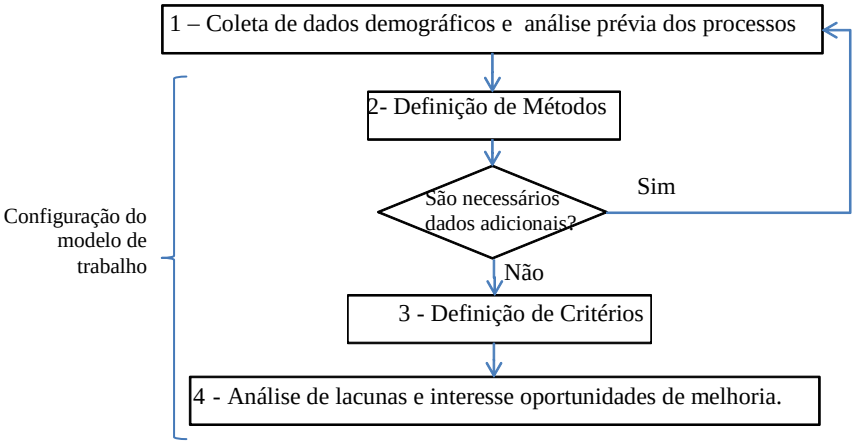

Figura. 1. Modelo proposto das principais etapas.

O primeiro passo consiste em coletar dados disponíveis relacionados com processos e trabalhadores. Com relação aos processos, vários dados podem ser citados como fundamentais para análise prévia de demanda de trabalho, como o tempo de ciclo do processo, procedimentos de trabalho padronizados, *layout*, peso dos componentes manipulados, número de turnos, trabalhadores por célula, alturas e distâncias de manipulação, tipo de embalagem, a existência e a frequência das inspeções e procedimentos de qualidade, etc. (Lean; Shan, 2012; Beevis, 2003; Parker; Sprigg, 1998). Quanto aos trabalhadores, recomenda-se a coleta de dados tais como acidentes e registros médicos, experiência e nível de habilidade, idade e reclamações de trabalho (Leroyer et al., 2006; Macleod, 2003; Eklund, 2000). Tais dados demográficos e de processo são utilizados como base para o próximo passo de adaptação e de definição de critérios psicofísicos adequados. Além disso, eles podem ser ainda mais explorados, a fim de verificar as correlações existentes com os resultados obtidos na avaliação e justificá-los.

Os passos seguintes compreendem a definição dos métodos e critérios utilizados no modelo. Os métodos foram escolhidos a fim de atender adequadamente às demandas das condições de trabalho e os perfis dos trabalhadores. Isso foi feito através da combinação de três diferentes abordagens: (i) o RNUR ou o método do perfil de trabalho da Renault (1976), que foi desenvolvido com o Programa Nacional de Controle das fábricas na França e tem a intenção de quantificar as exigências do trabalho em geral através do ponto de vista do analista (ergonomista); (ii) NASA-TLX (1986), que é uma escala multidimensional projetada para obter estimativas de carga de trabalho de um ou mais operadores, enquanto eles estão realizando uma tarefa ou imediatamente depois; e (iii) QSG ou Questionário de Saúde Geral (Goldberg & Hillier, 1979), que é uma ferramenta de triagem para detectar aqueles propensos a ter ou estar em risco de desenvolver transtorno psiquiátrico.

A seleção e aplicação desses métodos foram realizadas por um ergonomista após a primeira observação direta das tarefas. Além disso, houve uma reunião com alguns gestores de empresas (por exemplo, produção, engenharia, segurança, saúde ocupacional), a fim de definir a sua aplicabilidade sobre o local de trabalho estudado. O modelo proposto utiliza uma simplificação dos resultados da NASA-TLX e QSG. As escalas de pontuação tradicional foram redimensionadas para uma escala de cinco pontos, a fim de permitir a comparação dos resultados com o método RNUR.

A carga de trabalho percebida foi analisada separando critérios psicológicos e físicos. Os dois métodos utilizados para ambos os critérios foram a NASA-TLX e o QSG. Apenas três (de seis) critérios NASA-TLX e dois (de cinco) QSG foram utilizados no modelo. A escolha para cada critério que compõe o modelo proposto foi uma consequência da aplicabilidade e do perfil dos trabalhadores observadas na primeira etapa. As principais demandas de trabalho psicofísico foram analisadas separando critérios psicológicos e físicos. O principal método aplicado para ambos os critérios foi o RNUR. Dos trinta critérios existentes no método, apenas seis eram aplicáveis para o nosso estudo: (i) alimentação/evacuação de peças, (ii) nível de atenção, (iii) repetitividade do ciclo, (iv) o esforço de trabalho, (v) manipulação de objetos pesados e (vi) potencial das tarefas. A Tabela 1 mostra a fonte de critérios e um comentário de aplicação. A aplicação quantitativa destes critérios foi invertida em relação à metodologia inicial RNUR. Em nosso modelo, os valores foram alterados para tornar as possíveis comparações e análise de lacunas. Na metodologia original um valor maior representa uma pior demanda de trabalho. Neste modelo, quanto maior o valor, melhor a demanda de trabalho. A Tabela 2 mostra os critérios de demanda física e psicológica utilizados.

Tabela 1 - Critérios psicológicos e físicos da demanda da carga de trabalho percebida

Critérios físicos da carga de trabalho percebida		
Fonte	Critérios	Descrição
NASA-TLX	Desempenho	Representa o quão bem sucedido o trabalhador se sente na realização dos objetivos da tarefa considerando as características de produção enxuta.
	Esforço	Representa o quão duro o trabalhador tem que trabalhar para alcançar o seu nível de desempenho
Critérios psicológicos da carga de trabalho percebida		
Source	Critérios	Descrição
NASA-TLX	Frustração	Representa o quão inseguro, desanimado, irritado, e estressado em oposição a quão seguro, gratificado, contente, relaxado e complacente sente-se o trabalhador durante tarefa.
QSG	Estresse Psíquico	Representa as evidências de tensão, irritação, impaciência, cansaço e sobrecarga, que tornam a vida do

		trabalhador uma luta constante, desgastante e infeliz
	Confiança no desempenho	Expressa a consciência de ser capaz de executar tarefas diárias de forma satisfatória

Finalmente uma comparação entre cada critério ocorre quantificando a magnitude das lacunas e revelando oportunidades de melhoria. A lacuna vem da diferença entre os critérios e representa um indicador ergonômico da situação de trabalho. As lacunas resultantes devem abordar ações de melhoria. No entanto, essas oportunidades de melhoria precisam considerar não só as lacunas, mas também a informação inicial do passo 1 e todas as informações qualitativas que foram colhidas durante a aplicação modelo. A Tabela 3 mostra a relação entre os critérios específicos e seus significados.

Tabela 2 - Critérios de demanda física e psicológica

Critério físico de demanda		
Fontes	Critérios	Descrição
RNUR	Manipulação de objetos pesados	A compatibilidade entre a altura de objeto pesado manipulado durante a tarefa e a altura trabalhador.
	Alimentação/evacuação de peças	A compatibilidade entre as características dimensionais de dispositivos de alimentação e de evacuação e as posturas normais de trabalho.
	Ambiente Térmico	O risco de desconforto térmico considerando a temperatura do ar e a carga de trabalho dinâmica em uma estação de trabalho.
Critério psicológico de demanda		
Fonte	Critérios	Descrição
RNUR	Autonomia	A possibilidade de o trabalhador variar o seu ritmo de trabalho, sem perturbar a produção.
	Potencial	O nível de qualificação dos trabalhadores, necessários para manter satisfatoriamente a tarefa.
	Interesse	Elementos de motivação e satisfação ligada à tarefa de conformidade.

Tabela 3 - As relações entre os critérios de enquadramento

	Demandas psicofísicas	Perfil	Comentários sobre as lacunas
Físico	Manipulação de objetos pesados	Esforço	A altura da manipulação de objetos pesados deve ser adaptada às características antropométricas dos trabalhadores, a fim de reduzir o esforço.
	Alimentação/evacuação de peças	Desempenho	O design físico da estação de trabalho e / ou organização deve ser facilitado para melhorar o desempenho dos trabalhadores
	Ambiente térmico	Esforço	O ambiente térmico deve ser controlado evitando o calor extremo ou temperaturas frias para reduzir a influência no esforço de trabalhadores
Psicologico	Autonomia	Estresse psíquico	A tarefa e a organização do trabalho devem permitir que os trabalhadores deixem seus postos de trabalho quando necessário, para que o estresse psíquico seja reduzido ao nível mínimo.

	Potencial	Frustração	O nível de exigência da qualificação dos trabalhadores deve considerar características psicossociais para que o nível de frustração na tarefa não a torne desinteressante.
	Interesse	Confiança no desempenho	As tarefas e os produtos devem motivar e trazer satisfação aos trabalhadores para que eles executar o seu trabalho sem suspeita

4. Estudo de caso

O estudo de caso foi desenvolvido em um fabricante de grandes peças de automóvel do Sul do Brasil. Suas instalações consistem em seis unidades fabris, com diferentes processos, tais como usinagem, perfuração, formando, têmpera, pintura e montagem, totalizando aproximadamente 1.500 funcionários. Esta empresa iniciou a sua implementação de produção enxuta em 2003 e treinou e implementou amplamente diversas práticas de *lean* ao longo do local.

Muitas atividades de melhoria contínua foram desenvolvidas e estimuladas pela alta administração, especialmente na unidade de montagem, que é a unidade final antes de expedição e a parte que apresenta o maior nível de tarefas manuais dentro das células. Esta unidade apresenta também o mais elevado nível de absenteísmo e reclamações trabalhistas devido a lesões musculoesqueléticas no departamento médico da empresa. Portanto, entre as vinte e uma células de montagem existentes, nosso estudo de caso teve lugar nas três células de montagem com o mais alto nível de queixas dos trabalhadores. Estas células apresentam características específicas, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 - Principais características das células de montagem incluída nesse estudo de caso

Célula de montagem	Trabalhadores por turno	Turnos de trabalho por dia	Demanda de partes por turno	Média do peso das partes montadas (kg)	Nível de absenteísmo (%)
A	4	1	840	8.45	8.3%
B	3	3	1260	4.02	9.4%
C	3	1	910	8.09	9.8%

As células A e C são os que apresentam as peças mais pesadas em toda a unidade de montagem, enquanto célula B possui o ritmo de trabalho mais elevado, em torno de 20 segundos, o que implica em maior frequência das tarefas realizadas dentro da célula. Além disso, estas três células passaram por uma extensa quantidade de treinamento de práticas enxutas e demonstraram sustentar tais práticas enxutas em um nível da célula ao longo do tempo, que esculpe o cenário desta pesquisa.

As tarefas executadas sobre essas células eram predominantemente operadas manualmente com montagem de componentes de eixo rígido. O modelo de trabalho foi realizado entre dezoito trabalhadores de células, que são alocados em três turnos de trabalho diferentes. Os pesquisadores, especialistas (ergonomia e produção enxuta) e os gestores realizaram seis reuniões para conduzir e discutir a pesquisa em curso. Os pesquisadores visitaram a empresa várias vezes para executar a aplicação do modelo proposto e gravar alguns

dados gerais. Estes dados incluíam a idade, altura, peso e período de trabalho de cada trabalhador. Além disso, o departamento médico foi contatado para coletar reclamações físicas dos trabalhadores, índice de absenteísmo e seus principais registros médicos (ver Tabela 5).

Tabela 5 - Dados gerais dos participantes

Dados	Média	Desvio padrão
Idade	29.21	6.48
Altura (cm)	175	6
Peso (Kg)	78.93	12.87
Tempo de trabalho (meses)	60.06	65.79
Queixas físicas mensais	1.79	1.65
Absenteísmo (dias)	13	10.71
Registros Médicos	Perda auditiva e dores musculoesqueléticas (ombros, cotovelos, pulsos, mãos, joelhos, quadris, lombar)	

Para a carga de trabalho percebida, os trabalhadores após a sua jornada de trabalho foram convidados a responder a perguntas sobre aspectos mentais, físicos, temporais, de desempenho, esforço e frustração. Os resultados apresentados na Figura 2 mostram que, para o perfil físico, aspectos de esforço são os principais componentes percebidos de sua carga de trabalho (principalmente entre os níveis 3 e 5). Além disso, para o perfil psicológico, os resultados mostram um baixo nível de capacidade dos trabalhadores, que é majoritariamente marcado entre os níveis 1 e 3.

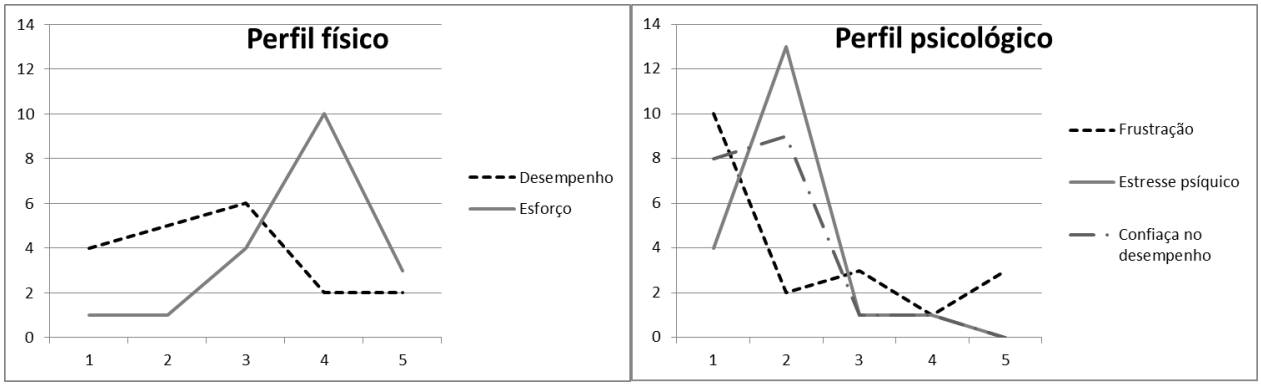

Figura - 2. Perfis físicos e psicológicos da carga de trabalho percebida

Para a avaliação da demanda psicofísica, os investigadores avaliaram cada operação das três células incluídas no estudo. Os resultados são apresentados na Tabela 6. Os números na tabela referem-se ao método da escala de cinco pontos invertida, atribuída pelos especialistas após várias observações técnicas. Estas observações foram feitas durante os diferentes turnos de trabalho.

Tabela 6 -Demandas psicofísicas de cada operação. Valores invertidos de RNUR considerando que maior é melhor.

Critérios	Célula A				Célula B			Célula C		
	Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 1	Op. 2	Op. 3
Manipulação de objetos pesados	5	4	1	1	5	3	2	5	3	1
Alimentação/evacuação de peças	4	4	4	5	4	3	5	4	3	5
Ambiente térmico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Autonomia	2	2	2	2.5	2	2	2.5	2	2	2.5
Potencial	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5
Interesse	2.5	2.5	2.5	1.5	2.5	2.5	1.5	2.5	2.5	1.5

Todos os resultados da demanda psicofísica e da carga de trabalho percebida foram comparados quanto à operação de cada célula. A diferença entre eles é mostrada nas Tabelas 7 e 8. Estes valores podem variar de -4 a 4 e indicam o nível da adaptação de trabalho com os perfis dos seus trabalhadores. Os valores mais baixos em um critério (por exemplo, objetos pesados manipulação / Esforço) mostram as necessidades específicas de melhoria de cada operação de células (por exemplo, células A / operação 4, ou A4).

Como pode ser visto nos resultados, as lacunas de uma mesma operação de cada uma das células tendem a ser semelhantes. A diferença para o critério 5 ("potencial / frustração") da célula A / operação 1 é 2.11, bem como o funcionamento 1 de células B e C. Isso ocorre devido às suas semelhanças em termos de condições de trabalho e perfil dos trabalhadores. A manipulação de objetos pesados/ Esforço (critérios 1) recebeu níveis mais elevados, principalmente nas operações finais (3 e 4) de cada célula. Isto era esperado, dada a natureza montagem partes dessas tarefas. Qualquer ação de melhoria que poderia reduzir essa demanda objetos pesados terá um impacto positivo na lacuna e pode reduzir também o esforço percebido.

Tabela 7 - Valores da lacuna para cada operação. Os números de linha de cima representam os valores médios dos seis critérios utilizados.

Critérios	Célula A				Célula B			Célula C		
	p. 1	p. 2	p. 3	p. 4	p. 1	p. 2	p. 3	p. 1	p. 2	p. 3
1	.32	.32	2.68	2.68	.32	0.68	1.68	.32	0.68	2.68
2	.37	.37	.37	.37	.37	.37	.37	.37	.37	.37
3	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68
4	.05	.05	.05	.55	.05	.05	.55	.05	.05	.55
5	.11	.11	.11	.11	.11	.11	.11	.11	.11	.11
6	.76	.76	.76	0.24	.76	.76	0.24	.76	.76	0.24

Tabela 8 - Análise das lacunas

	Critérios	Comentários sobre a lacuna
Físico	1	A altura de objetos pesados manipulação, deve ser adaptado às características antropométricas dos trabalhadores, a fim de reduzir o esforço. Operações A3, A4, B3 e C3 devem ser priorizadas.
	2	O projeto físico da estação de trabalho e / ou organização do trabalho deve ser facilitado para melhorar o desempenho dos trabalhadores em operações B2 e C2.
	3	O ambiente térmico deve ser controlado evitando o calor extremo ou temperaturas frias para reduzir a influência do esforço de quase todos os trabalhadores e todas as operações.
Psicológico	4	Tarefas e organização do trabalho devem permitir que os trabalhadores possam deixar seus postos de trabalho, sempre que necessário para que o estresse psíquico ser reduzido ao mínimo. Não há especificidade das operações nesse critério porque a organização do trabalho avaliada afeta todas as células.
	5	O nível de qualificação dos trabalhadores necessários deve considerar características psicossociais dos trabalhadores para que o nível de frustração no trabalho não fique desinteressante. Considerando o baixo tempo de ciclo, isto não é uma grande preocupação, mas poderia ser melhorado em operações A1, A2, A3, B1, B2, C1 e C2.
	6	As tarefas e os produtos devem motivar e trazer satisfação aos trabalhadores para que eles executem o seu trabalho sem suspeita. Três operações relacionadas com a qualidade são fundamentais nesse critério: A4, B3 e C3.

5. Conclusão

As principais conclusões sobre este estudo de caso sugerem que a análise de lacunas entre as demandas psicofísicas e carga de trabalho percebida poderia ser uma abordagem útil para sistemas de produção enxuta. Os resultados das demandas psicofísicas mostram inconformidade com a carga de trabalho percebida por esses trabalhadores de células. Este resultado indica que, apesar de que as técnicas de trabalho padronizados já tenha sido aplicado nestas células, as práticas enxutas tradicionais não são suficientes para definir as tarefas dos trabalhadores e uma abordagem mais ampla deve ser usada. Além disso, uma abordagem tradicional traria a análise de demanda de trabalho ao longo de várias características. O modelo proposto enfrenta esse tipo de análise com a percepção de trabalhadores destacando as lacunas entre as demandas e carga de trabalho sobre a operação em células de produção enxuta.

Apesar da contribuição do nosso estudo, mais pesquisas são necessárias para melhorar a compreensão em torno do assunto. Em nosso estudo, apesar da existência de vários critérios de avaliação de demandas psicofísicos, foram eleitos apenas seis critérios. Esta foi uma consequência do estudo de caso, que foi utilizado para ilustrar o modelo proposto. No entanto, a aplicabilidade dos resultados em outras empresas é limitada devido a este cenário. Portanto, uma abordagem que é suportada por critérios complementares, fornecendo uma visão geral sobre o problema é fundamental para as dificuldades da vida real de empresas.

Referências

Backstrand, G., Bergman, C., Hogberg, D., Moestam, L., 2013. **Lean and its impact on workplace design**. Proceedings of NES 2013 45th Nordic Ergonomics & Human Factors Society Conference.

Beevis, D., 2003. **Ergonomics: cost and benefits revisited**. Applied Ergonomics 34, 491-496.

Brannmark, M., 2013. **Lean working environments: an empirical study of 24 companies implementing lean**. Royal Institute of Technology.

Christmansson, M., Friden, J., Sollerman, C., 1999. **Task design, psychosocial work climate and upper extremity pain disorders effects on organizational redesign on manual repetitive assembly jobs**. Applied Ergonomics 30, 463-473.

Eklund, J., 2000. **Development work for quality and ergonomics**. Applied Ergonomics 31, 641-648.

Genaidy, A., Karwowski, W., 2003. Human desempenho in lean production environment: critical assessment and research framework. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing 13 (4), 317-330.

Getty, R., 1999. **Ergonomics and the customer satisfaction model: ergonomics in the language of business**. Proceedings of Human Factors and Ergonomics Society 43rd Annual Meeting.

Goldberg, D., Hillier, V., 1979. **A scaled version of the General Health Questionnaire**. Psychological medicine 9 (01), 139-145.

Hagg. G., 2003. **Corporate initiatives in ergonomics: an introduction**. Applied Ergonomics 34, 3-15.

Hasle, P., 2014. **Lean production: an evaluation of the possibilities for an employee supportive lean practice**. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries 24 (1), 40-53.

Joseph, B., 2003. **Corporate ergonomics programme at Ford Motor Company**. Applied Ergonomics 34, 23-28.

Koukoulaki, T., 2014. **The impact of lean production on musculoskeletal and psychosocial risks: an examination of sociotechnical trends over 20 years**. Applied Ergonomics 45, 198-212.

Lean, Y., Shan, F., 2012. **Brief review on physiological and biochemical evaluations on human mental workload**. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries 22 (3), 177-187.

Leroyer, A., Kraemer-Heriaud, H., Marescaux, L., Frimat, P., 2006. **Prospective evaluation of the impact of change in the organization of work on perceived stress and health in assembly-line workers in an automobile plant**. Revue d' Epidemiologie et de Sante Publique 54, 15-25.

Macleod, I., 2003. **Real-world effectiveness of ergonomic methods**. Applied Ergonomics 34, 465-477.

NASA Task Load Index (TLX): Computerized Version. (1986). Moffett Field, CA: NASA-Ames Research Center, Aerospace Human Factors Research Division.

Oneill, D., 2000. **Ergonomics in industrially developing countries: does its application differ from that in industrially advanced countries?** Applied Ergonomics 31, 631-640.

Oneill, D., 2005. **The promotion of ergonomics in industrially developing countries**. International Journal of Industrial Ergonomics 35, 163-168.

Parker, S., Sprigg, C., 1998. **A move backwards? In: The introduction of a moving assembly line**. British Psychosocial Society Annual Occupational Psychology Conference.

Parker, S., Wall, T., Myers, C., 1995. **The effects of manufacturing initiative on employee jobs and strain**, In: Robertson, S., Contemporary Ergonomics, 1995. London: Taylor and Francis.

Renault, 1976**. Les profils de postes: méthode d'analyse des conditions de travail**. Services des conditions de travail de la Regie nationales des usines Renault, Paris, France.

Rother, M., Harris, R., 2001. **Creating continuous flow: an action guide for managers, engineers and production associates**. Lean Enterprise Institute: Cambridge, USA.

Seppala, P., Klemola, S., 2004. **How do employees perceive their organization and job when companies adopt principles of lean production?** Human Factors and Ergonomics in Manufacturing 14 (2), 157-180.

Toralla, M., Falzon, P., Morais, A., 2012. **Participatory design in lean production: which contribution from employees? For what end?** Work 41, 2706-2712.

Ulfsfalt, U., Falck, A., Forsberg, A., Dahlin, C., Eriksson, A., 2003. **Corporate ergonomics programme at Volvo Car Corporation**. Applied Ergonomics 34, 17-22.

Vieira, L., Balbinotti, G., Varasquin, A., Gontijo, L., 2012. **Ergonomics and kaizen as strategies for competitiveness: a theoretical and practical in an automotive industry.** Work 41, 1756-1762.

Zink, K., 2000. **TQM in Germany: experiences and perspectives concerning ergonomics.** Proceedings of Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 475-478.