

## Estudo sobre a relação entre a implementação enxuta e as demandas psicofísicas em áreas produtivas

### A study about the relationship between lean implementation and psychophysical demands in productive areas

---

Isabelly Mazuco da Silva \* – [isabellymazuco@gmail.com](mailto:isabellymazuco@gmail.com)

\*Universidade Federal de Santa Catarina – (UFSC), Florianópolis, SC

---

#### Article History:

Submitted: 2017 - 06 - 30

Revised: 2017 - 07 - 21

Accepted: 2017 - 08 - 02

---

**Resumo:** A crescente competitividade no mercado exige a busca pela constante melhoria nos processos e redução de custos dos mesmos. Empresas vêm implementando práticas de produção enxuta a fim de alcançarem seus objetivos da maneira mais eficiente e eficaz possível. Para atingir níveis mais elevados de qualidade e flexibilidade, com redução de custos, a implementação da produção enxuta apresenta o elemento humano como um fator fundamental para o alcance e sustentabilidade da melhoria contínua. Apesar dos benefícios operacionais promovidos pela implementação das práticas enxutas, alguns estudos relatam que sua adoção pode aumentar as demandas físicas e psicológicas dos colaboradores, uma vez que ao buscar a maximização da produtividade através da minimização dos recursos as limitações e necessidades dos fatores humanos podem ser negligenciadas. Assim, este artigo visa comparar as demandas psicofísicas de áreas produtivas que se encontram em diferentes níveis de implementação de práticas enxutas em uma empresa de produtos ópticos. O estudo apresenta a comparação entre os níveis da implementação dessas práticas em duas células da empresa e a avaliação analítica de seus postos de trabalho feita pelo método Renault. Os resultados observados indicam que a área com maior nível de maturidade na implementação enxuta apresenta uma demanda psicofísica relativamente menor.

**Palavras-chave:** Ergonomia; Sistema de Produção Enxuta; Implementação Enxuta; Ergonomia Enxuta

**Abstract:** The growing market competition demands a continuous search for improvements in business processes and their costs. During a long time, organizations have been implementing lean practices to achieve their goals with maximum efficiency and efficacy. To reach higher levels of quality and flexibility, and also reduce costs, the deployment of lean production practices presents the individuals as a fundamental part to achieve and sustain continuous improvement. Despite all the operational benefits provided by lean practices, some researchers state that their adoption might increase physical and psychological demands on employees, as the search for maximum productivity through cost reduction can, usually, neglect human needs. Thus, the present research aims at comparing physical and psychological demands in productive areas with different levels of lean implementation. The paper presents a comparison between the lean implementation level of two production cells from an optical manufacturer, and the ergonomics analytical assessment of both cells by the

Renault method. The results point that cells with higher levels of lean implementation are more likely to present lower levels of both physical and psychological demands.

**Keywords:** Ergonomics; Lean manufacturing; Lean implementation; Lean ergonomics

## 1. Introdução

A Produção Enxuta (PE) foi o termo adotado em 1988 para nomear o sistema usado em algumas fábricas automotivas Japonesas instaladas nos Estados Unidos (Imai, 1997; Holweg, 2007). Desde a crise do petróleo de 1973, o Sistema Toyota de Produção, chamado assim devido a sua origem nas plantas automotivas da Toyota (Hines *et al.*, 2004; Monden, 2011), tornou-se conhecido. A PE busca, de forma contínua, minimizar desperdícios compreendidos por atividades que não agregam valor a partir do refinamento de sistemas tradicionais de produção (Liker e Meier, 2008; Shingo e Dillon, 1989; Suzaki, 1987).

Apesar dos benefícios operacionais promovidos pela implementação da PE serem amplamente reconhecidos (de Guimarães *et al.*, 2014), alguns estudos relatam que sua adoção pode aumentar as demandas físicas e psicológicas aos colaboradores. Essas demandas são provenientes da intensificação do ritmo de trabalho nos ambientes onde as práticas enxutas estão sendo inseridas (Saurin e Ferreira, 2009).

Segundo Backstrand *et al.* (2013), é de extrema importância que os fatores humanos sejam considerados como parte das práticas de PE. Nesse contexto, a aplicação de conceitos da Ergonomia concomitantemente à implementação das práticas enxutas pode prover melhores resultados operacionais sem comprometer a saúde física ou psicológica do colaborador. De acordo com Council I.E.A. (2000), Ergonomia é a ciência focada em sistemas onde a interação de pessoas e meio ambiente ocorre com objetivo de otimizar o bem estar e o desempenho global. Para alcançar tais melhorias, conceitos da ergonomia estão sendo integrados e implementados nos processos de melhoria contínua (Nunes, 2015). Essa aplicação é chamada de Lean Ergonomics (ergonomia enxuta), que trata da incorporação explícita de fatores ergonômicos na implementação da PE (Wilson, 2005; Wong *et al.*, 2009).

Os estudos existentes na literatura apresentam evidências contraditórias sobre a influência da implementação da PE sobre os aspectos ergonômicos do trabalho. Nesse sentido, procurar-se-á comparar, a partir de um estudo de casos, as demandas físicas e psicológicas dos colaboradores de uma empresa manufatureira que está sob implementação enxuta. Para isso, instrumentos de avaliação de demandas ergonômicas serão utilizados de

uma forma adaptada para comparar tais demandas entre ambientes com alto nível de implementação enxuta e contextos que estão apenas iniciando esta implementação.

## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1. Produção enxuta

A PE é considerada como um dos mais influentes paradigmas na manufatura e sua aplicação, originalmente concebida na indústria automotiva, tem se expandido e se aperfeiçoado durante os anos (Womack *et al.*, 1996; Hines *et al.*, 2004). Esse sistema ajuda a reduzir os custos a partir da eliminação dos desperdícios, aumentando a qualidade do produto e a satisfação do cliente. As características do sistema de PE concentram-se na simplificação do fluxo de material, da redução do inventário, do nivelamento da produção, do aumento da frequência das trocas e da produção com base na demanda do cliente (Womack *et al.*, 2009).

Um modelo de PE significa uma implementação sistemática de vários métodos e práticas de gestão, tais como a produção *just-in-time*, trabalho em equipe e jidoka (Seppälä e Klemola, 2004). Complementarmente, há uma clara relação entre a demanda de trabalho (exigências físicas e psicológicas) e os requisitos de qualidade e produtividade (Eklund, 2000). Pesquisas recentes sobre PE relatam que práticas enxutas, tais como *just-in-time* e trabalho padronizado, podem causar efeitos negativos sobre os colaboradores (Saurin e Ferreira, 2009; Koukoulaki, 2014). No entanto, há evidências de estudos que indicam haver aspectos ergonômicos positivos mediante as aplicações da PE.

Sendo assim, é importante abordar os fatores humanos como parte integrante de um sistema de PE, pois eles são elementos chave nos esforços de melhoria contínua (Backstrand *et al.*, 2013). Nesse sentido, cabe entender o efeito da PE sobre os aspectos ergonômicos do trabalho.

### 2.2. Métodos de avaliação ergonômica

Implementar um método ergonômico é uma das maneiras mais eficazes para prevenir, reduzir e até gerenciar, de forma proativa, lesões e doenças no local de trabalho (Heller-Ono, 2009). Além da ergonomia em um contexto físico, existe também a ergonomia cognitiva, que se refere aos processos mentais e aos efeitos das interações entre seres humanos e o sistema (Council, 2000) e a ergonomia organizacional, que engloba o gerenciamento de recursos humanos, da cultura organizacional da empresa e do ambiente em que eles estão inseridos como forma de promover uma satisfatória forma de comunicação, gestão da qualidade e

meios de trabalho. Em geral, os processos ergonômicos abordados têm por objetivo propiciar um ambiente saudável e seguro, com uma parceria positiva, pró ativa e participativa entre os colaboradores e seus líderes (Heller-Ono, 2009).

Mateus Junior (2013) considera como fator fundamental para o suporte aos objetivos da ergonomia os métodos de avaliação. Existe uma variada gama de instrumentos utilizados para a Análise Ergonômica do Trabalho (AET), principalmente aqueles referentes aos riscos posturais.

Nesse contexto, baseando-se no contexto industrial do estudo aqui apresentado e ao tipo de informação buscada, o instrumento de avaliação ergonômica utilizado neste projeto foi o método Renault (Des Usines Renault, 1976). Esse método avalia as restrições das situações existentes, apontando as correções necessárias ou definindo as soluções técnicas possíveis. A partir da observação das situações existentes, é feita uma análise do trabalho pela avaliação de 9 (nove) critérios, elencados em um determinado número de fatores, de 1 (menos acentuado) a 5 (mais acentuado), que são avaliados e definidos em conjunto com o analista e os colaboradores, objetivando-se a definição do perfil dos postos de trabalho. Este método será mais detalhadamente descrito no capítulo 3.

### 2.3. *Lean ergonomics*

Ambientes de produção são propensos a riscos ergonômicos devido à natureza dos processos, produtos, ferramentas e equipamentos (Aqlan *et al.*, 2014). Diferentes áreas e espaços de trabalho podem ser observados para determinar as fontes de estresse ergonômico (Cioca *et al.*, 2010). As melhorias ergonômicas têm por objetivo reduzir o risco de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) e melhorar a segurança, saúde e produtividade (Aqlan *et al.*, 2013).

Um conjunto de características de trabalho deve ser desenvolvido e considerado para que os fatores ergonômicos sejam compatíveis com as práticas enxutas implementadas (Arezes *et al.*, 2015). Existe uma vasta gama de oportunidades de sinergia entre as áreas da Ergonomia e da PE, mostrando que as mesmas não são necessariamente conflitantes (Saurin e Ferreira, 2009). Dul e Neumann (2009) definem a ergonomia como um conjunto de 3 implicações: (i) é composta por objetivos sociais e econômicos; (ii) leva em consideração aspectos humanos físicos e psicológicos; e (iii) procura melhorias em ambos os domínios técnicos e organizacionais. A PE promove segurança, variedade de tarefas, incentivos

financeiros, desenvolvimento e utilização de habilidades e conhecimento do desempenho organizacional (Toralla *et al.*, 2012).

Há uma série de abordagens ergonômicas que têm sido usadas em conjunto das práticas enxutas. De um ponto de vista estratégico, Hines *et al.* (2004) sugerem que é possível integrar outras abordagens à PE sem contradizer o objetivo central da mesma. A combinação da PE e de ergonomia resulta em um sistema onde o colaborador é tão eficiente, seguro e confortável quanto possível, produzindo de maneira mais eficiente (Walder *et al.*, 2007). Shoaf *et al.* (2004) consideram que as dimensões homem e negócio são variáveis mutuamente dependentes na rentabilidade da organização, em um horizonte de longo prazo. O aumento do comprometimento com o desempenho da empresa e das habilidades dos colaboradores são requisitos indispensáveis para que as práticas enxutas gerem resultados de sucesso (Adler *et al.*, 1997; Vidal, 2004).

### 3. Método proposto

O presente capítulo descreverá as etapas metodológicas que serão utilizadas para a obtenção dos dados necessários para o estudo. Para isso, o método proposto está dividido em quatro etapas que serão realizadas separadamente: (i) análise do nível de implementação enxuta, (ii) coleta de dados demográficos da equipe de trabalho, (iii) seleção dos critérios de avaliação ergonômica e (iv) avaliação ergonômica e consolidação dos resultados. Essas etapas estão detalhadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Etapas metodológicas a serem seguidas

Nº	Descrição	Ferramenta
1	Análise do nível de implementação enxuta	- Entrevista semiestruturada - Coleta de dados e indicadores das áreas produtivas - Observação participativa.
2	Coleta de dados demográficos da equipe e do posto de trabalho	- Entrevistas com os colaboradores - Coleta de dados históricos e demográficos - Observação participativa.
3	Seleção dos critérios de avaliação ergonômica	- Avaliação da situação atual e pertinência dos critérios propostos
4	Avaliação ergonômica e consolidação dos resultados	- RNUR (Des Usines Renault, 1976) - Ferramentas gráficas e visuais

Fonte: Autor

Na etapa (i) será realizada uma entrevista semi-estruturada (Ribeiro e Nodari, 2001) com a liderança da área operacional e fabril de modo a contextualizar as áreas que apresentam maior e menor nível de adoção das práticas enxutas. Em seguida, a partir das indicações das

áreas produtivas durante a entrevista, busca-se aprofundar a caracterização dessas áreas com base em dados e indicadores existentes.

A etapa (ii) busca caracterizar os colaboradores e seus postos de trabalho das suas respectivas células de produção, selecionadas na etapa (i). Os dados demográficos e históricos da equipe e dos postos de trabalho já existentes serão coletados e completados por informações advindas de entrevistas realizadas com os colaboradores e da observação participativa.

A etapa (iii) visa realizar a seleção dos critérios de avaliação ergonômica pertinentes ao objeto de estudo (áreas da empresa selecionadas). Para tanto, baseando-se no método Renault (Des Usines Renault, 1967), que apresenta 9 critérios subdivididos em 31 fatores de avaliação, serão selecionados quais desses critérios proporcionarão a contextualização e o entendimento da situação das áreas a serem estudadas. Para isso, definem-se os fatores  $f_i$  ( $i=1, \dots, 31$ ) que realmente possibilitarão uma comparação relevante e discriminatória, excluindo aqueles que não se enquadram no contexto ou não discriminam as áreas. De modo a validar o processo de seleção, a gerência de produção da empresa em estudo será consultada para que se definam pesos de importância para cada fator selecionado, que demonstrarão a importância de cada fator e seu impacto em relação às demandas físicas e psicológicas dos colaboradores, resultantes da execução das atividades das células em estudo. No capítulo 4 os critérios do método Renault estão apresentados na Tabela 5, juntamente com a seleção dos mesmos.

Finalmente, com os critérios e fatores de avaliação selecionados e as importâncias de cada fator determinadas, a etapa (iv) contemplará a aplicação do método de avaliação ergonômica do trabalho. Para cada fator existe um padrão de avaliação proposto por Renault (1976), no qual se mensura as demandas físicas e psicológicas de acordo com uma escala que varia de 1 (menos penoso) a 5 (mais penoso). Com a demanda de cada posto de trabalho em estudo para cada fator, serão calculadas as demandas médias dos postos de cada célula, obtendo-se a demanda média de cada uma das células estudadas pelos fatores selecionados. Ao multiplicar-se as importâncias dos fatores pelas demandas médias conferidas às células analisadas, obtém-se a criticidade de cada fator por célula. Os valores para as demandas físicas e psicológicas das células analisadas serão consolidados a partir da soma das criticidades obtidas para cada fator correspondente. Assim, obtém-se um valor para as DF (Demandas Físicas) e DP (Demandas Psicológicas) de cada célula, possibilitando uma

comparação entre as mesmas. Quanto maior esse valor, maiores as demandas ergonômicas dos colaboradores durante a realização das atividades de seus postos de trabalho.

Além disso, nesta etapa faz-se uma triangulação entre os dados coletados nas etapas (i) e (ii) com os resultados obtidos a partir da aplicação do método Renault (Des Usines Renault, 1976), de modo a verificar congruências e/ou divergências. Com intuito de consolidar os resultados desta etapa, propõe-se a utilização da Tabela 6, apresentada no capítulo 4, para exposição dos dados.

## 4. Resultados

### 4.1. A empresa

A empresa em estudo, pertencente ao ramo óptico, denominada de EO (nome verdadeiro da empresa preservado por motivos de sigilo de informações), foi fundada em 1975 e é sediada em Florianópolis. Conta com uma área instalada de 266 metros quadrados e um total de 170 colaboradores, dentre os quais 60 estão alocados na área de produção. Os produtos e os serviços prestados têm alta variabilidade, pois dependem das especificações do cliente. As lentes podem ser vendidas tanto num estado inicial de bloco de lente, como em qualquer outra etapa do processo produtivo. A empresa iniciou a implementação do sistema de PE no ano de 2011. Desde então, busca constantemente a implementação de práticas enxutas e a manutenção da cultura na rotina dos funcionários.

A EO tem 5 grandes processos que ocorrem na área fabril: (i) *surfaçagem tradicional e digital*; (ii) *antirreflexo*; (iii) *controle de armações*; (iv) *montagem tradicional e MEI*; e (v) *expedição*. Para a realização do projeto estudaram-se duas células de produção com níveis de implementação enxutas diferentes (alto e baixo). Além disso, foram selecionadas células que apresentassem processos produtivos semelhantes, de modo que as demandas ergonômicas pudessem ser comparadas a fim de verificar a influência da adoção das práticas enxutas sobre os colaboradores. Nesse sentido, as células de *Surfaçagem Digital* e de *Montagem MEI* foram escolhidas de acordo com sugestão da gerência de produção. A *surfaçagem* é o processo de transformação de blocos oftálmicos em lentes, com o objetivo de gerar a curvatura interna da lente, além de definir seu diâmetro e sua espessura final, segundo às especificações do pedido. A EO possui duas linhas de *surfaçagem*: tradicional e digital. A primeira possui máquinas mais antigas, tolerâncias menos apertadas e produtos de menor complexidade. Por outro lado, a *Surfaçagem Digital* é composta por equipamentos de ponta, responsáveis pela produção de uma linha *premium* de produtos, com alto grau de especificações. Ambas as áreas estão

distribuídas no *layout* celular “U” e contam com três colaboradores cada. Na etapa de montagem, utiliza-se a Facetadora, que é uma máquina de montagem automática de alta precisão, com capacidade para dez peças. Essa máquina está alocada na célula de Montagem MEI, que contem 4 colaboradores.

#### 4.2. Identificação do nível de implementação enxuta nas áreas em estudo

A compreensão quanto ao nível da implementação enxuta nas células foi realizada a partir de três métodos: (i) entrevista semiestruturada com a gerência para a contextualização inicial das células de estudo, (ii) coleta de indicadores que possibilitem o aprofundamento da caracterização dessas células, e (iii) observação participativa para a captura de informações complementares. Nesse sentido, o Quadro 2 descreve uma série de características qualitativas das células analisadas, diferenciando-as quanto ao seu nível de implementação enxuta. As células foram analisadas quanto a seis aspectos diferentes: cultura do 5S, práticas de qualidade, padronização do processo, gestão visual, desperdícios e gestão do estoque.

Para a cultura do 5S percebeu-se que na Montagem MEI a organização não estava adequada, pois, apesar da presença de endereçamentos e marcações de ferramentas, estas não estavam sendo utilizadas. Isso sugere uma deficiência na implementação do último senso (disciplina), que é essencial para que a prática se mantenha efetiva. Em contrapartida, mesmo que a Surfaçagem Digital tenha um processo que gera mais resíduos, o que gera maior dificuldade de manutenção e limpeza, o nível de 5S era notoriamente mais difundido entre os colaboradores, uma vez que o ambiente estava adequadamente organizado e limpo de acordo com os padrões estabelecidos.

Por práticas de qualidade entende-se o manutenção dos padrões de qualidade exigidos para atendimento à certificação internacional sob a qual seus produtos são regidos. Assim, ambas as células possuem tabelas de tolerâncias e especificações técnicas rígidas e processos de manutenção preventiva da qualidade. Na Surfaçagem Digital o papel do líder é de supervisão e cada colaborador tem autonomia para realizar os processos de manutenção e prevenção da qualidade; enquanto na Montagem MEI, essa função é realizada apenas pelo líder da célula.

No aspecto de padronização dos processos, novamente a Surfaçagem Digital se destacou pela existência de padrões detalhados e visualmente disponíveis aos colaboradores em cada máquina. Além disso, esta célula apresenta um checklist de atividades operacionais a serem realizadas no início de cada turno, de modo a evitar que algum detalhe passe

despercebido ou seja esquecido. Já na Montagem MEI, apesar de existir um processo geral de padronização com indicações de ferramentas, ele se encontra em um local de pouca visibilidade e de difícil acesso, prejudicando sua consulta e consequente utilização.

A gestão visual de ambas as células é feita a partir de quadros diários de produção, gráficos de produção hora-a-hora, letreiros e avisos, marcações no chão e dispositivo andon em todas as máquinas. Especificamente na Surfaçagem Digital, os produtos chegam em caixas individuais dispostas em esteiras, que servem como um sistema *kanban* de produção, segundo a gerente entrevistada.

Quanto aos desperdícios existentes na células, foi feita uma análise de acordo com os 7 desperdícios sugeridos por Shingo (1989). O principal desperdício da Montagem MEI é caracterizado pelo transporte das caixas com as lentes do início de um posto para o outro, além do movimento em excesso dos colaboradores para levar as caixas vazias de volta para as prateleiras fixas do estoque. Esse tipo de movimento inexistente na Surfaçagem Digital uma vez que há esteiras de transporte; porém, quando a esteira está completa com produtos acabados, o colaborador precisa transportá-las até o estoque, considerando-se um transporte desnecessário. Além disso, devido ao fato de a facetadora produzir em lotes de 10 peças, geralmente há maior espera de produtos entre as etapas. Soma-se a isso o fato de haver o retorno das caixas vazias do processo de Montagem MEI, caracterizando um excesso de processamento. Por fim, em ambas as células há desperdícios de defeitos de fabricação, provenientes de erros nas máquinas.

Finalmente, a gestão das filas de estoque na Surfaçagem Digital é feita no formato FIFO, o que significa que a primeira ordem a entrar será a primeira a ser processada. Na Montagem Digital as filas são estruturadas no formato FEFO, no qual o pedido com data de entrega mais próxima será o primeiro a ser processado. A célula utiliza uma lógica de produção cujo produto precisa ser finalizado com um dia de antecedência do seu prazo final.

Quadro 2 – Consolidação das características das células em estudo

Aspecto	Surfaçagem Digital	Montagem MEI
Cultura do 5S	Evidências de senso de classificação, organização, limpeza, padronização e disciplina perfeitamente implementados.	Falta de organização e disciplina nos postos de trabalho.
Práticas de qualidade	Existência de processos formais de prevenção e manutenção da qualidade e autonomia do colaborador.	Pouca autonomia dos colaboradores para realizarem os procedimentos de prevenção e manutenção da qualidade.
Padronização do processo	Processo padronizado e detalhado em cada etapa e para cada máquina. <i>Checklist</i> de início de turno exposto visualmente.	Processo geral padronizado, mas de difícil acesso.
Gestão visual	Existência de quadro diário de produção, produção hora-a-hora, letreiros e avisos, andon, <i>kanban</i> pelas esteiras.	Existência de quadro diário de produção, produção hora-a-hora, letreiros e avisos, andon.
Desperdícios	Evidências de desperdícios de transporte e defeitos na produção.	Evidências de espera, transporte, processamento, movimentação e defeitos na produção.
Gestão do estoque (entradas e saídas)	FIFO ( <i>first-in, first-out</i> ou primeiro que entra, primeiro que sai)	FEFO ( <i>first-expired, first-out</i> ou primeiro que expira, primeiro que sai)

Fonte: Autor

Quanto aos indicadores das células, a Tabela 1 consolida os principais indicadores de desempenho operacional disponíveis. A Montagem MEI possui um processo mais rápido que o da Surfaçagem Digital, o que explica o menor tempo de ciclo de seu processo. Apesar de maiores taxa de produção e capacidade, a Montagem MEI possui maior número de setups realizados por turno e, conseqüentemente, menor disponibilidade da máquina. Não obstante, seu tempo de ciclo é aproximadamente 38% menor que o tempo de ciclo da Surfaçagem Digital, porém a produtividade em peças por homem é apenas 13% maior, mostrando haver perdas que mitigam a diferença de produtividade entre as células. Além disso, por trabalhar com lotes unitários, apenas um setup e menos estoque em processo ou *work in process* (WIP), seu *lead time* é consideravelmente menor. Por fim, percebeu-se haver uma nítida diferença entre o nível de disponibilidade das máquinas, já que a Surfaçagem Digital possui um índice de 91% enquanto a Montagem MEI apresenta 78%. Esse resultado infere que os processos de suporte à produção, tais como manutenção, são menos efetivos na Montagem MEI, justificando tal diferença.

De um modo geral, as características observadas e os dados coletados apontam diferenças expressivas entre as áreas estudadas, possibilitando inferir que a célula de Surfaçagem Digital apresenta um nível superior de adoção das práticas enxutas em relação à Montagem MEI. Assim, a partir desta análise, deu-se prosseguimento à próxima etapa do método proposto cujos resultados são descritos na seção a seguir.

Tabela 1 – Indicadores quantitativos das células estudadas

Indicador	Surfaçagem Digital	Montagem MEI
Taxa de produção	254 pedidos/dia	390 pedidos/dia
Capacidade	340 pedidos/dia	480 pedidos/dia
Quantidade de setups/ turno	1	2
WIP	44	66
Lead Time	140 minutos	209 minutos
Tamanho dos lotes	Unitário	10 pedidos
Tempo de ciclo	170 segundos	105 segundos
Disponibilidade das máquinas	91%	78%
Nº de postos de trabalho	3	4
Produtividade	84,6 pedidos/homem	97,5 pedidos/homem

#### 4.3. Caracterização dos postos de trabalho

Segundo Renault (Des Usines Renault, 1976) o ponto de partida de sua avaliação é a avaliação do trabalho conforme a observação das situações atuais existentes. Nesse contexto, antes da aplicação do método de avaliação ergonômica, é necessária a caracterização dos postos de trabalho das células de Surfaçagem Digital e Montagem MEI. Na primeira, os colaboradores são alocados nas etapas de blocagem, polimento e conferência; enquanto na segunda eles estão nas etapas de início, montagem e enquadre. A Surfaçagem Digital possui três postos de trabalho que serão aqui nomeados como S1, S2 e S3. Da mesma maneira, a Montagem MEI possui quatro postos que serão representados pelas siglas M1, M2, M3 e M4. Na Tabela 2 é apresentado um resumo da caracterização dos postos de trabalho e de seus respectivos colaboradores.

A célula de Surfaçagem Digital conta com uma área de 40m<sup>2</sup>, na qual estão dispostos três postos de trabalho: (S1) blocagem, (S2) polimento e (S3) conferência. O primeiro posto de trabalho tem um colaborador que opera a máquina de blocagem. Já o segundo possui as máquinas geradora, polidora e laser, todas operadas por um colaborador. Por fim, o posto de conferência, operado pelo terceiro colaborador, possui uma mesa com as ferramentas necessárias para inspeção de qualidade dos itens.

No posto S1 o ritmo de execução da tarefa é de um minuto e meio por peça, no qual são manuseados blocos de peso que varia de 100 g à 200 g. As ferramentas e os materiais necessários para a execução da atividade são basicamente anéis metálicos, chapas, canetas e papéis, os quais estão dispostos de forma organizada sobre a bancada. As variedades de chapas são separadas por caixas coloridas para facilitar as atividades. Nesse posto, o colaborador tem um raio de movimentação de meio metro, onde começa pegando peças que chegam na esteira ao seu lado esquerdo, alocando-as na máquina e recolocando as peças na

esteira do seu lado direito. Esses procedimentos exigem treinamento básico, passado para todos os colaboradores da célula. Contudo, a alocação dos colaboradores tende a ser fixa, isto é, com baixa movimentação dos colaboradores entre os postos de trabalho. Os colaboradores do posto S1 tem, em média, trinta e quatro anos de idade e quatro anos de experiência com as tarefas exercidas no posto, além de estarem há quatro anos trabalhando empresa e exercendo a mesma função.

O procedimento do posto S2 começa com o colaborador pegando as lentes nas esteiras e alocando-as na máquina geradora. Em seguida, as lentes que saem da geradora são inseridas na máquina polidora. Ao fim desse processo, as lentes precisam ser lavadas pelo colaborador diretamente na bancada de polimento, para enfim passá-las para a máquina de laser. No final, essas lentes precisam ser desbloqueadas com o auxílio de um martelo, disposto na bancada, e limpas com um papel. As máquinas estão dispostas em formato de “U” e o colaborador se locomove entre elas num raio de um metro e meio e todo esse processo deve ser executado em um ciclo de dois minutos e meio. Esses procedimentos exigem treinamento básico, passado para todos os colaboradores da célula. Porém, similar ao S1, este posto é geralmente alocado a apenas alguns colaboradores. Esses colaboradores têm em média trinta e quatro anos de idade dos quais cinco estão atuando na empresa e possuem experiência com a atividade. Por fim, o colaborador do posto S3 pega as caixas com as lentes desbloqueadas e confere se estão de acordo com as exigências pré-estabelecidas. Para isso, ele possui algumas ferramentas de conferência e análise, dispostas sobre a sua bancada, assim como papéis, canetas, clips e envelopes. Depois da conferência, ele deposita as caixas com as lentes nas esteiras para serem levadas ao estoque. O procedimento padrão de conferência leva em torno de dois minutos por peça. O colaborador fica principalmente parado, se locomovendo apenas na frente da bancada de conferência, quando necessário. Diferentemente dos demais, este posto exige um treinamento mais aprofundado, o qual é passado para todos os colaboradores da célula. Esses colaboradores têm, em média, trinta e cinco anos de idade, sete anos trabalhando na empresa e oito anos de experiência com a função.

A célula de Montagem MEI tem uma área de 39m<sup>2</sup> e quatro postos de trabalho: (M1 e M2) etapa de início e montagem MEI e (M3 e M4) etapa final. No início são realizadas as atividades de desmontagem das armaduras, feito por dois colaboradores, dispostos nos postos M1 e M2, que são iguais. Esses colaboradores são os mesmos que controlam a máquina de montagem MEI. Nessa etapa, a única atividade é de colocar as 10 caixas com as lentes desmontadas na entrada da máquina. Ao final, as caixas saem da facetadora diretamente para

os postos M3 e M4, que também são iguais, onde as lentes são retiradas e montadas nas suas respectivas armações. Nessa etapa várias ferramentas são necessárias e dois colaboradores efetuam os procedimentos. Em ambos os postos não ocorre paradas para ginástica laboral ou inspeção.

Nos postos M1 e M2 existem duas bancadas idênticas dispostas em um formato de “L” e um colaborador operando em cada posto. Os colaboradores precisam sair da célula para buscar as caixas com lentes e dar início ao processamento. As atividades são todas manuais, de desmontagem das armações e preparação das lentes para a máquina facetadora. Nas bancadas estão presentes as ferramentas e materiais necessários, que são basicamente variações de tipos de chave de fenda. O ritmo padrão para a execução dessa operação é de aproximadamente um minuto e quarenta segundos por peça. Os colaboradores se movimentam em um raio de um metro e meio dentro da célula, além de saírem da mesma para buscar as lentes no estoque. Essas atividades exigem um treinamento mais elevado e específico, feito para todos os funcionários da célula, tornando-os polivalentes. A etapa de montagem na máquina facetadora é a única automatizada da célula de Montagem MEI. Nela, os colaboradores dos postos M1 e M2 inserem o lote de dez peças na máquina, num ritmo de dezessete minutos por lote. Nesse procedimento basta que se empilhem as dez caixas com lentes na esteira da máquina que o processamento seja acionado. Esses postos exigem treinamento elevado, passado a todos os colaboradores, que podem se alternar entre suas atividades. Dentre os colaboradores que atual principalmente nos postos M1 e M2, a média de idade é de trinta e quatro anos, de admissão na empresa e experiência com as atividades dos postos é de 8 anos e de tempo exercendo a função é de três anos.

Por fim, as caixas com suas lentes processadas na máquina facetadora chegam nos postos M3 e M4, também iguais. O lote de dez caixas com lentes é recolhido pelos dois colaboradores, respectivamente dispostos em cada um dos postos. As peças são levadas para as bancadas, que estão dispostas em um formato de “L”. Nesses postos ocorre a montagem final dos óculos, que exige um maior número de ferramentas e materiais dispostos sobre as bancadas. O ritmo padrão dessa operação é de aproximadamente dois minutos e quarenta segundos por peça. Após a montagem, as caixas com lentes são levadas para o estoque, que se encontra fora da célula. O raio de movimentação dentro do posto é de um metro e meio, além do deslocamento até o estoque. Assim como nos postos M1 e M2, treinamentos intensos são necessários para preparar todos os colaboradores da célula, tornando-os polivalentes. Os colaboradores dos postos M3 e M4 têm, em média, trinta e dois anos de idade, quatro anos de

admissão na empresa, três anos exercendo a função e sete anos de experiência com a atividade.

Tabela 2 – Caracterização dos postos de trabalho

<b>CÉLULAS</b>	<b>Superfície Digital</b>			<b>Montagem MEI</b>	
Área	40m <sup>2</sup>			39m <sup>2</sup>	
Processos manuais	Blocagem, Polimento e Conferência			Início, MEI e Fim	
Processos automáticos	Polimento			MEI	
Ginástica laboral				Não	
Paradas/turno				1 (Turno de 8h = 4h + 4h)	
Iluminação				Boa	
Temperatura	20° C			Ambiente	
<b>POSTO</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>M1 = M2</b>	<b>M3 = M4</b>
Nº de colaboradores	1	1	1	2	2
Ritmo de trabalho	1,5 min/peça	2,5 min/peça	2 min/peça	1,7 min/peça + 17 min/lote (MEI)	2,7 min/peça
Materiais e ferramentas	Anéis metálicos, canetas, chapas	Papel, martelo	Papel, caneta, clips, envelope	Chaves de fenda	Várias ferramentas de montagem
Raio de movimentação	0,5m	1,5m	0,5m	1,5m + saída da célula Bancada e	1,5m + saída da célula
Disposição dos materiais	Bancada	Bancada	Bancada	estoque externo	Bancada e estoque externo
Treinamento Colaborador fixo	Básico Sim	Básico Sim	Elevado Sim	Elevado Não	Elevado Não
<b>COLABORADOR (média)</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>M1 e M2</b>	<b>M3 e M4</b>
Idade (anos)	34	34	35	34	32
Tempo de casa (anos)	4	5	7	8	4
Tempo exercendo a função (anos)	4	5	8	3	3
Experiência com a atividade (anos)	4	5	8	8	7
Escolaridade mínima	Médio completo	Médio completo	Médio completo	Fundamental incompleto	Médio completo

#### 4.4. Avaliação analítica dos postos de trabalho

A avaliação das demandas físicas e psicológicas do presente estudo foi baseada na Avaliação Analítica dos Postos de Trabalho posposta por Renault (Des Usines Renault, 1976), também conhecida como Método Renault.

Primeiro foram definidos quais fatores do Método Renault (Des Usines Renault, 1976) não seriam relevantes para a comparação dos postos estudados, tendo em vista que possuíam o mesmo nível de intensidade a partir da aplicação do método de avaliação. Dentre os 31 fatores propostos pelo método, 11 foram descartados pois não apresentavam diferença

significativa entre os postos; são eles: local reservado para os pés, risco de acidentes, utilização de equipamentos de proteção individual, ambiente sonoro, ambiente térmico, condições de iluminação, vibrações ou choques, poluição do ar e relações independentes do trabalho. Com isso, chegou-se ao total de 20 fatores para a avaliação analítica dos postos de trabalho. Todos os fatores do método estão listados no Quadro 3 e aqueles descartados encontram-se selecionados com um asterisco (\*).

Cada posto foi avaliado separadamente em relação aos fatores selecionados. Os postos das células de Superfície Digital e Montagem MEI foram nivelados de 1 a 5 segundo a escala proposta pelo Método Renault (Des Usines Renault, 1976), gerando a Tabela 3 que apresenta a intensidade de demanda de cada fator para cada posto analisado. Em alguns casos, o método propõe que alguns fatores sejam agrupados para a avaliação, escolhendo-se o nível mais alto para representar um grupo de fatores em questão, ou calculando-se a média desses níveis. Contudo, devido à riqueza de análise almejada, cada um dos fatores selecionados foi avaliado separadamente de modo a possibilitar discriminar mais adequadamente as demandas entre postos.

Quadro 3 – Critérios e fatores de avaliação analítica do posto de trabalho

<b>Demandas</b>	<b>Critério</b>	<b>Fatores</b>
<b>DF</b>	A- Concepção do Posto	1- Altura do plano de trabalho
		2- Afastamento do plano de trabalho
		3- Distancia lateral
		4- Local reservado para os pés *
		5- Alimentação e evacuação de peças
		6- Obstáculos e acessibilidade do posto
		7- Informações no posto
	B- Segurança	8- Nível de risco de acidentes *
		9- Equipamentos de proteção individual *
	C- Ambiente físico	10- Ambiente sonoro *
11- Ambiente térmico *		
12- Condições de iluminação *		
13- Vibrações ou choques *		
14- Poluição do ar *		
D- Carga física	15- Limpeza e aparência do ambiente	
	16- Postura principal	
E- Exigência mental	17- Esforço do trabalho *	
	18- Quantidade de decisões	
F- Autonomia	19- Nível de atenção	
	20- Nível de autonomia	
G- Relações	21- Satisfação	
	22- Relações independentes do trabalho *	
<b>DP</b>	H- Repetitividade	23- Repetitividade do ciclo
		24- Dificuldade para aprender as tarefas
	I- Conteúdo do Trabalho	25- Tarefas ao longo do trabalho
		26- Possibilidades de erro
		28- Gravidade dos erros
		29- Resolução dos erros
		30- Interesse promovido pelo trabalho
		31- Concepção do produto

Fonte: Adaptado de Renault (Des Usines Renault, 1976)

Tabela 3 – Nivelamento dos fatores para os postos em estudo

Fatores Físicos	Imp.	Superfuração Digital (A)					Montagem MEI (B)					Dif. (B-A) /B
		S1	S2	S3	Méd.	Crit.	M1=M2	M3=M4	Méd.	Crit.		
1	5,0	3,0	1,0	1,0	1,7	8,3	5,0	5,0	5,0	25,0	67%	
2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	67%	
3	1,0	1,0	3,0	1,0	1,7	1,7	5,0	5,0	5,0	5,0	67%	
5	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	6,0	4,0	4,0	4,0	12,0	50%	
6	4,0	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0	3,0	3,0	3,0	12,0	67%	
7	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	2,0	2,0	2,0	6,0	50%	
15	4,0	1,0	2,0	1,0	1,3	5,3	1,0	1,0	1,0	4,0	-33%	
16	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	12,0	3,5	3,5	3,5	14,0	14%	
						<b>46,3</b>				<b>86,0</b>	<b>46%</b>	
Fatores Psicológicos	Imp.	Superfuração Digital (A)					Montagem MEI (B)					Dif. (B-A) /B
		S1	S2	S3	Méd.	Crit.	M1=M2	M3=M4	Méd.	Crit.		
18	3,0	3,0	3,0	5,0	3,7	11,0	5,0	5,0	5,0	15,0	27%	
19	2,0	2,5	2,5	3,0	2,7	5,3	3,5	3,5	3,5	7,0	24%	
20	3,0	1,0	2,0	5,0	2,7	8,0	1,0	2,0	1,5	4,5	-78%	
21	5,0	4,0	4,0	5,0	4,3	21,7	5,0	5,0	5,0	25,0	13%	
23	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	20,0	4,5	4,5	4,5	22,5	11%	
24	2,0	5,0	4,0	3,0	4,0	8,0	4,0	3,0	3,5	7,0	-14%	
25	4,0	3,0	3,0	2,0	2,7	10,7	2,0	2,0	2,0	8,0	-33%	
26	5,0	2,0	1,0	3,0	2,0	10,0	2,0	2,0	2,0	10,0	0%	
28	5,0	5,0	4,0	5,0	4,7	23,3	5,0	5,0	5,0	25,0	7%	
29	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	6,0	3,0	3,0	3,0	9,0	33%	
30	5,0	2,0	2,0	2,0	2,0	10,0	3,0	3,0	3,0	15,0	33%	
31	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-100%	
						<b>136</b>				<b>149</b>	<b>9%</b>	

De uma forma geral, observa-se que para grande parte dos fatores físicos (fatores 1, 2, 3, 5, 6 e 7) a diferença de criticidade entre Superfuração Digital e Montagem MEI foi expressiva, variando entre 50% e 67%. Tal fato pode ser justificado por alguns aspectos, tais como: (i) na Superfuração Digital o lote de produção é unitário, acarretando que o produto seja retirado da esteira e alocado diretamente na máquina sem precisar aguardar na parte inferior da bancada, como ocorre com o lote de dez lentes na Montagem MEI; (ii) a distância para buscar a lente na Superfuração Digital é reduzida pelas esteiras e pelo fato de o colaborador não precisar se inclinar para manejar as peças em espera; e (iii) o *layout* da Superfuração Digital apresenta-se mais livre e com menos obstáculos para o colaborador efetuar os procedimentos.

Além disso, para os fatores psicológicos a Superfuração Digital apresentou um maior número de fatores com menor criticidade, resultando numa demanda psicológica final 9% menor que a da Montagem MEI. Nesse sentido, os fatores ‘quantidade de decisões’ (fator 18), ‘resolução de erros’ (fator 29) e ‘interesse promovido pelo trabalho’ (fator 30) se destacaram pelas diferenças relativas entre a Montagem MEI e Superfuração Digital. Apesar de o fator 18

não apresentar o maior nível de importância de acordo com a gerência da área, as demandas relativas entre os postos das duas células apresentaram expressiva diferença, devido ao maior número de decisões que precisam ser tomadas pelos colaboradores para efetuarem a montagem. Isso justifica a variedade de ferramentas possíveis para efetuar esses procedimentos da Montagem MEI. O fator 29, apesar de não ter a maior importância e nem grandes diferenças de demanda relativa, é explicado pela maior autonomia dos colaboradores da Superfície Digital na manutenção de erros durante o processo. Por fim, para o fator 30, apesar das diferenças de demandas relativas entre os postos serem pequenas, elas foram infladas pelo alto grau de importância do fator, definido pela gerência de produção. Isso se justifica pela influência que tal fator possui na satisfação de trabalho dos colaboradores.

De modo geral, as demandas físicas apresentaram maior variação (46%) entre as células estudadas que a variação das demandas psicológicas (9%). Assim, há indicativos de que as demandas psicofísicas podem sofrer influência do nível de implementação enxuta nas células estudadas. Nesse sentido, a seção seguinte triangula os resultados obtidos de forma a buscar correlações entre o nível de implementação enxuta e as demandas psicofísicas.

#### *4.5. Triangulação dos resultados*

A partir dos dados levantados em relação à intensidade de adoção das práticas enxutas e indicadores de desempenho, e avaliação dos postos de trabalho das células em estudo quanto às demandas psicofísicas, faz-se possível a inferência de uma triangulação dos resultados. Nesse sentido, as informações consolidadas no Quadro 4 permite a verificação de convergências ou divergências entre os níveis de implementação da PE e as demandas psicofísicas das células estudadas. Como a célula de Superfície já havia sido identificada como aquela que apresenta um maior número de práticas enxutas já desenvolvidas e a maioria dos indicadores operacionais com melhor desempenho, esta foi considerada a célula mais madura quanto à implementação da PE. Curiosamente, os resultados da análise ergonômica para esta célula indicam que em aproximadamente 88% dos fatores físicos e 58% dos fatores psicológicos analisados apresentam menor demanda que a célula com menor nível de implementação enxuta (Montagem MEI). Tal fato salienta a potencial influência positiva que a implementação da PE tem sobre aspectos ergonômicos dos postos de trabalho, corroborando com pesquisas anteriores que indicaram haver sinergia entre as práticas enxutas e os fatores ergonômicos do trabalho.

Contudo, cabe destacar que para um fator físico e cinco fatores psicológicos a Superfície Digital apresentou criticidade ergonômica maior que a Montagem MEI. Uma das possíveis explicações para tal resultado pode advir do fato que a Montagem MEI apresenta alguns aspectos da implementação enxuta mais maduros que a Superfície Digital, tais como uma maior taxa de produção e produtividade que a Superfície Digital, além de um menor tempo de ciclo. Soma-se à isso a complexidade das tarefas realizadas pelos colaboradores da Montagem MEI, as quais envolvem um número significativamente maior de decisões a serem tomadas, com especial atenção às ferramentas utilizadas. Assim, a consolidação desse contexto da Montagem MEI pode influenciar alguns fatores psicofísicos, justificando uma menor demanda ergonômica para estes.

Assim, de uma forma geral, os resultados obtidos a partir do estudo de ambas as células apontam para uma relação positiva entre a implementação enxuta e as demandas psicofísicas dos postos de trabalho. Além disso, a evidência de tal relação pôde ser também observada a partir dos depoimentos coletados ao longo das entrevistas semi-estruturadas com líderes e colaboradores, os quais confirmaram os resultados favoráveis para a célula de Superfície Digital indicando maior satisfação de trabalho nesse contexto.

Quadro 4 – Triangulação dos resultados

<b>Superfície Digital em relação à Montagem MEI</b>						
Implementação da PE			Demandas ergonômicas			
Práticas e Indicadores			Fatores físicos		Fatores psicológicos	
Aspectos favoráveis	<b>Cultura do 5S</b>	Melhor	<b>1</b>	Menor	<b>18</b>	Menor
	<b>Práticas de qualidade</b>	Melhor	<b>2</b>	Menor	<b>19</b>	Menor
	<b>Padronização do processo</b>	Melhor	<b>3</b>	Menor	<b>21</b>	Menor
	<b>Gestão visual</b>	Melhor				
	<b>Desperdícios</b>	Menos	<b>5</b>	Menor	<b>23</b>	Menor
	<b>WIP</b>	Menor	<b>6</b>	Menor	<b>26</b>	Igual
	<b>Lead Time</b>	Menor	<b>7</b>	Menor	<b>28</b>	Menor
	<b>Tamanho dos lotes</b>	Menor	<b>7</b>	Menor	<b>28</b>	Menor
Aspectos desfavoráveis	<b>Disponibilidade das máquinas</b>	Maior	<b>16</b>	Menor	<b>29</b>	Menor
	<b>Produtividade</b>	Menor			<b>20</b>	Maior
	<b>Taxa de produção</b>	Menor			<b>24</b>	Maior
	<b>Capacidade</b>	Menor	<b>15</b>	Maior	<b>25</b>	Maior
	<b>Quantidade de setups/ turno</b>	Menor			<b>30</b>	Maior
	<b>Tempo de ciclo</b>	Maior			<b>31</b>	Maior

Fonte: Autor

#### 4. Conclusão

A comparação das demandas ergonômicas entre uma célula com alto nível de implementação enxuta e outra com menor adoção das práticas enxutas foi o objetivo principal desse estudo, que permitiu a elaboração de algumas conclusões específicas a respeito da relação entre a implementação de práticas enxutas e as demandas físicas e psicológicas de áreas produtivas.

O estudo apresentou uma contextualização da importância da implementação de práticas enxutas para que as demandas físicas e psicológicas dos colaboradores sejam reduzidas. Tal contextualização traz a necessidade de se entender além dos conceitos técnicos abordados no processo de implementação enxuta. Este estudo explicitou a comparação de áreas produtivas sob implementação de diferentes níveis de práticas enxutas, a caracterização e a avaliação de demandas ergonômicas de postos de trabalho, incorporando uma triangulação dos três elementos (implementação enxuta, demandas físicas e psicológicas) com o objetivo de identificar uma possível correlação no processo de implementação enxuta.

Os resultados observados indicam que a área com maior nível de maturidade na implementação enxuta apresenta uma demanda psicofísica menor. Particularmente, as diferenças encontradas para as demandas físicas são substancialmente maiores que as diferenças encontradas para as demandas psicológicas. Tal fato aponta que a repercussão da implementação enxuta nessas áreas pode mitigar mais expressivamente problemas ergonômicos voltados ao esforço físico. Contudo, as diferenças encontradas para as demandas

psicológicas, apesar de menos significativas, também convergem para as mesmas conclusões. Essa menor diferença também é justificada pelo fato de que o Método Renault (Des Usines Renault, 1976) aborda mais expressivamente fatores físicos, sem muito aprofundamento e abrangência nas demandas psicológicas. Um estudo futuro direcionado aos fatores psicológicos poderia complementar os resultados aqui apresentados.

Cabe destacar algumas limitações deste estudo. Primeiramente, a aplicação do método proposto ocorreu em apenas duas áreas de um determinado segmento industrial, empresa do setor óptico. Assim, os resultados obtidos não podem ser generalizados para outras empresas de diferentes áreas ou processos. A aplicação desse método em outros contextos pode justificar a continuidade de estudos futuros. Tal extensão da pesquisa pode permitir a obtenção de resultados mais robustos de forma a validar as proposições aqui ilustradas. Além disso, a adaptação deste método para outros processos permite a contemplação de fatores ergonômicos os quais não foram considerados neste estudo. Portanto, análises ergonômicas de processos que incluam os fatores descartados neste estudo podem trazer resultados diferentes dos aqui observados.

## REFERÊNCIAS

- Adler, P. S., Goldoftas, B., & Levine, D. I. (1997). Ergonomics, employee involvement, and the Toyota Production System: A case study of NUMMI's 1993 model introduction. *ILR Review*, 50(3), 416-437.
- Aqlan, F., Lam, S. S., Testani, M., & Ramakrishnan, S. (2013, January). Ergonomic Risk Reduction to Enhance Lean Transformation. In *IIE Annual Conference. Proceedings* (p. 989). Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).
- Aqlan, F., Lam, S. S., Ramakrishnan, S., & Testani, M. (2014, January). An Ergonomic Study for 6S Workplace Improvement. In *IIE Annual Conference. Proceedings* (p. 3063). Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).
- Bäckstrand, G., Bergman, C., Högberg, D., & Moestam, L. (2013, August). Lean and its impact on workplace design. In *Proceedings of NES 2013 45th Nordic Ergonomics & Human Factors Society Conference*.
- Cioca, L. I., MORARU, R. I., & Băbuț, G. (2010). Occupational Risk Assessment and Management: Challenges and Guidelines for the Romanian Organization's Practice. *WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education*, 7(4), 119-128.
- Council, I. E. A. (2000). The discipline of ergonomics. *International Ergonomics Society*, 1.
- De Guimarães, J. C. F., dos Reis, Z. C., Severo, E. A., Dorion, E. C. H., & Olea, P. M. (2014). Implantação do Sistema Lean Production: Inovação Organizacional em uma Indústria Moveleira. *Sistemas & Gestão*, 9(4), 452-464.
- Des Usines Renault, R. N. (1976). Método de los Perfiles de Puesto.
- Eklund, J. (2000). Development work for quality and ergonomics. *Applied ergonomics*, 31(6), 641-648.
- Heller-Ono, A. (2009, October). 21st Century Ergonomics: A Lean Approach to Ergonomics Process Design and Management. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 53, No. 16, pp. 1013-1016). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.

- Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. *International journal of operations & production management*, 24(10), 994-1011.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of operations management*, 25(2), 420-437.
- Imai, M. (2007). Gemba Kaizen. A commonsense, low-cost approach to management. *Das Summa Summarum des Management*, 7-15.
- Koukoulaki, T. (2014). The impact of lean production on musculoskeletal and psychosocial risks: An examination of sociotechnical trends over 20 years. *Applied Ergonomics*, 45(2), 198-212.
- Liker, J. K., & Meier, D. P. (2016). *O talento Toyota: o modelo Toyota aplicado ao desenvolvimento de pessoas*. Bookman Editora.
- Mateus Junior, J. R. (2013). Modelo de gestão da ergonomia integrado as práticas da produção enxuta-ERGOPRO: o caso de uma empresa de embalagem de papelão ondulado.
- Monden, Y. (2011). *Toyota production system: an integrated approach to just-in-time*. CRC Press.
- Nunes, I. L. (2015). Integration of Ergonomics and Lean Six Sigma. A model proposal. *Procedia Manufacturing*, 3, 890-897.
- Ribeiro, J. L. D., & Nodari, C. T. (2001). Tratamento de dados qualitativos: técnicas e aplicações. FEENG. Porto Alegre, 130.
- Saurin, T. A., & Ferreira, C. F. (2009). The impacts of lean production on working conditions: A case study of a harvester assembly line in Brazil. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(2), 403-412.
- Seppälä, 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 & Service Industries*, 14(2), 157-180.
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). *A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint*. CRC Press.
- Shoaf, C., Genaidy, A., Karwowski, W., & Huang, S. H. (2004). Improving performance and quality of working life: A model for organizational health assessment in emerging enterprises. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 14(1), 81-95.
- Suzaki, K. (1987). *New manufacturing challenge: Techniques for continuous improvement*. Simon and Schuster.
- Toralla, P., Falzon, P., & Morais, A. (2012). Participatory design in lean production: which contribution from employees? for what end?. *Work*, 41(Supplement 1), 2706-2712.
- Vidal, M. (2007). Lean production, worker empowerment, and job satisfaction: A qualitative analysis and critique. *Critical Sociology*, 33(1-2), 247-278.
- Walder, J., & Karlin, J. (2007). Integrated Lean Thinking & Ergonomics: Utilizing Material Handling Assist Device. *Solutions for a productive workplace. An MHIA White paper. Material Handling Industry of America Nov*.
- Wilson, R. (2005). Guarding the line: score big by planning for worker safety while you implement lean. *Industrial Engineer*, 37(4), 46-50.
- Womack, S. K., Armstrong, T. J., & Liker, J. K. (2009). Lean job design and musculoskeletal disorder risk: A two plant comparison. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 19(4), 279-293.
- Wong, Y. C., Wong, K. Y., & Ali, A. (2009, April). Key practice areas of lean manufacturing. In *Computer Science and Information Technology-Spring Conference, 2009. IACSITSC'09. International Association of* (pp. 267-271). IEEE.



This journal is licenced under a [Creative Commons License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/). [Creative Commons - Atribuição-CompartilhaIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).