

ESTUDO DA GESTÃO ERGONÔMICA DO TRABALHO NO SETOR DE ACABAMENTOS DE UMA LINHA DE MONTAGEM NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Luana Spósito Valamede (IC) e Mariana Zuliani Theodoro de Lima (Orientadora)

Apoio: PIVIC Mackenzie

RESUMO

O setor de acabamentos, fase final da linha de montagem de uma indústria automotiva, é caracterizado por possuir maior intervenção direta dos trabalhadores em relação às etapas produtivas anteriores, promovendo o aumento dos riscos ocupacionais. Estes, além de prejudicarem a saúde dos colaboradores, dificultam o desempenho das atividades desse setor produtivo, cujas consequências podem ser prevenidas pela aplicação dos conceitos ergonômicos de forma extensiva. Destaca-se que a ergonomia objetiva estudar o profissional em seu real posto de trabalho, sendo uma ciência que faz uma abordagem sistêmica de todos os aspectos da atividade humana. O presente estudo direcionou-se para uma pesquisa bibliográfica de publicações recentes em diversas bases de dados amplamente utilizadas sobre as inovações tecnológicas de enfoque ergonômico, as quais estão sendo adotadas pelas montadoras para atribuir uma melhor qualidade de vida a seus trabalhadores e otimizar a linha produtiva. Para maior compreensão das tecnologias estudadas, foram abordados os principais benefícios proporcionados por cada inovação, enfatizando o uso de exoesqueletos, realidade virtual, cadeiras e luvas ergonômicas. Visto a crescente tendência da automação industrial, processo decorrente da Quarta Revolução Industrial, os trabalhadores terão tarefas mais complexas e atuarão em conjunto com robôs colaborativos, o que aumenta a preocupação com a ergonomia nas linhas produtivas e fomenta o desenvolvimento de novas ferramentas de análise ergonômica nesse setor produtivo.

Palavras-chave: Ergonomia. Indústria Automotiva. Inovações Tecnológicas.

ABSTRACT

The trim shop, final phase of automotive assembly line, has more direct intervention of workers in relation to the previous productive sectors, and this increases the occupational risk number. These harm the employee's health and hinder the activities performance of this production sector, consequences that could be prevented with the application of ergonomics concepts in a extensive way. It is noted that ergonomic aims to study the professional in his real work place, and it is considered a science which develops a systemic approach about every human activity aspects. This study was destined to a bibliography research in several known databases of recent publications about the technological innovations with engonomy

approach, which have been adopted by the vehicle assemblers to become the workers's quality life better and optimizing the production line. To a better comprehension about these technologies, the main benefits of each innovation were described, approaching the use of exoskeletons, virtual reality, ergonomic chairs and ergonomic gloves. Since the crescent industrial automation tendency, due to Fourth Industrial Revolution, workers will have more complex tasks and they will act together with collaborative robots, and this increases the concerning ergonomic in automotive lines and the development of new ergonomic analyze tools in this productive sector.

Keywords: Ergonomic. Automotive Industry. Technological Innovations.

1. INTRODUÇÃO

Devido a sua importância, o setor automotivo é imprescindível para o desenvolvimento econômico dos países, cujas multinacionais estão em ritmo constante de inovação e de controle das atividades do processo produtivo. A concorrência entre as empresas deste setor gera vantagens à economia brasileira de forma abrangente, já que possui, em seu território, filiais de montadoras internacionais que se instalaram no país com o objetivo de aumentar a produção e atingir novos mercados (MACEDO, 2015; STURGEON; VAN BIESEBROECK; GEREFFI, 2008).

Sendo propulsora no desenvolvimento de novas tecnologias e modelos de gestão, a fabricação de automóveis é constituída por várias etapas, sendo uma delas a montagem final, também conhecida como *trim shop*, a qual é responsável pelo encaixe de todas as peças de acabamento na carroceria. Essa fase da produção possui maior intervenção direta dos trabalhadores, a fim de encontrar e corrigir os possíveis erros das etapas anteriores, podendo ocasionar como consequência o aumento dos riscos ocupacionais (OTTO; SCHOLL, 2011).

Definidos como as chances de acidentes ou doenças a que os colaboradores estão expostos nas situações de trabalho, os riscos ocupacionais geram entraves no rendimento das atividades da organização, tendo em vista os desgastes físicos dos operadores (COMPER, M., 2011; MATTOS, 2015).

Lesões, distúrbios osteomusculares e estresse ocupacional são doenças ocupacionais que podem ser evitadas com a aplicação dos conceitos ergonômicos, responsáveis por aprimorar a técnica dos colaboradores, diminuir os custos por danos de equipamentos e prevenir problemas de produção (MATTOS, 2015; PAULA; HAIDUKE; MARQUES, 2016).

Conceituada como a área de estudo que observa e analisa o profissional em seu real posto de trabalho, a ergonomia, em seu enfoque físico, aborda as características da anatomia humana, tendo como dois de seus pontos relevantes o estudo da postura corporal e os movimentos repetitivos (COUTINHO; ABREU, 2017).

Apoiando-se nas estatísticas que comprovam o alto índice de acidentes e riscos no setor automotivo brasileiro, o objetivo dessa pesquisa compreendeu em realizar uma pesquisa bibliográfica a cerca das novas tecnologias de âmbito ergonômico que estão sendo incorporadas pelas montadoras, identificado as principais vantagens de cada inovação e como elas proporcionam uma melhor qualidade de vida para os colaboradores desse setor produtivo.

2. DESENVOLVIMENTO DO ARGUMENTO

O fordismo, modelo de produção em massa introduzido por Henry Ford que revolucionou a produção industrial do início do século XX, motivou o desenvolvimento do sistema de produção em série, ao apresentar um conjunto de métodos de produção em sequências lineares de trabalho fragmentado e simplificado, tornando a fabricação do automóvel padronizada, rápida e barata (MORAES NETO, 1998). Essa revolução na indústria global, aliada ao proporcionamento de empréstimos e financiamentos pelos bancos a fim de incentivar o consumo, facilitou a aquisição desse bem. Com o número crescente de vendas, as pessoas tornaram-se cada vez mais dependentes do automóvel e de seus benefícios, levando-o a ser um elemento vital da sociedade globalizada (ARAÚJO MELO, 2014).

Devido a sua importância, a indústria automobilística é imprescindível para o desenvolvimento econômico dos países, tanto emergentes quanto considerados desenvolvidos (ARAÚJO MELO, 2014). Responsável por alavancar diversos setores econômicos e consumindo 15% da produção mundial do aço, é considerada o segundo maior mercado deste produto. Utiliza, ainda em escala global, 50% do total da borracha, 25% do total de vidro e 5% do total de alumínio (GABRIEL, 2010). Em relação à empregabilidade, esse setor conta mundialmente com cerca de 8 milhões de empregados diretamente e, para cada emprego direto, gera-se em média cinco empregos indiretos (GABRIEL, 2010).

O oligopólio (GABRIEL, 2010) do setor automotivo é formado por multinacionais organizadas em aglomerações produtivas em diferentes países (OMAR et al., 2011). A globalização proporciona a concorrência entre essas empresas, pressionando-as para um ritmo constante de inovação e de controle das atividades do processo produtivo (STURGEON; VAN BIESEBROECK; GEREFFI, 2008). Motivadas para garantirem-se no comércio, essas organizações tem sido precursoras no desenvolvimento de novas tecnologias, principalmente nos setores de telecomunicação, assim como de novos modelos de gestão fabril (CARVALHO, 2005).

As vantagens geradas pela concorrência das empresas automotivas auxiliam a economia brasileira de forma abrangente, inclusive a indústria nacional, contribuindo para a geração de emprego, renda e impostos no país (MACEDO, 2015).

Em relação ao setor de veículos, o Brasil dispõe de um amplo parque industrial e de um mercado doméstico potencial, contribuindo para a geração de empregos e renda no país (MACEDO, 2015). Em 2016, as 31 empresas associadas à Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANAFAVEA) reuniam 67 unidades industriais,

abrangendo companhias de máquinas agrícolas e rodoviárias e de autoveículos, sendo o último considerado o 10º maior produtor do ano segundo o ranking mundial.

No mesmo ano, o setor de autoveículos produziu cerca de 2,2 milhões de veículos montados, sendo 520 mil exportados para outros países; este mesmo setor manteve 104 mil empregos. Em 2014, o faturamento líquido foi de aproximadamente US\$ 85 bilhões (ANAFEA, 2017).

Em relação aos investimentos, destaca-se que não existem fabricantes do setor automotivo cujo capital seja completamente nacional. Estes são, em sua maioria, filiais de montadoras internacionais que se instalaram no país com o objetivo de aumentar a produção e atingir novos mercados, a fim de adquirir vantagens competitivas (MACEDO, 2015). Em um ambiente cujas organizações estão sujeitas a mudanças constantes no mercado as quais atuam, faz-se necessário elaborar o planejamento estratégico, a fim de se reduzirem as perdas de materiais e diminuïrem-se os custos de fabricação, além de se escalonar a mão de obra e suas respectivas tarefas para otimizar o tempo empregado. Através dessa técnica administrativa, identificam-se os pontos fortes e fracos da empresa, assim como suas oportunidades e ameaças, auxiliando-a no alcance dos objetivos e na sobrevivência neste meio comercial instável (ALBANO; GARCIA, 2013).

O processo de terceirização no chão de fábrica neste ramo industrial é uma opção cada vez mais adotada pelas filiais brasileiras, como meio de aumentar ainda mais a produtividade com menos custos. Uma prestadora pode assumir o encargo de fabricar e instalar um determinado equipamento no veículo diretamente na linha de produção, assim como se responsabilizar por determinadas fases da montagem dos carros. Ao terem parcerias, as montadoras transferem essas atividades para outras empresas de menor porte, e concentram a atividade própria no desenvolvimento de novos projetos. Além disso, os fornecedores podem desenvolver know-how sobre o produto, em muitos casos, superior às próprias montadoras, o que trás diferencial competitivo para essas grandes empresas (CERRA; MAIA; ALVES FILHO, 2007).

Evidencia-se que o fator humano é um elemento fundamental neste contexto fabril, pois é graças a ele que os processos produtivos são supervisionados e efetivados completamente (DAVIES, 2007). Deixar de investir em esforços para melhorar as condições dos empregados, em detrimento à parte operacional e mecânica do sistema, pode comprometer de forma expressiva os resultados esperados pelas organizações, já que para que se haja rendimento a longo prazo, as variáveis ser humano e negócio tornam-se interdependentes (MATTOS, 2015).

Dentro do contexto do ambiente automobilístico, ao se analisar a linha de montagem, identificam-se três principais etapas: a estamparia, na qual se realiza o corte das chapas de aço que formam o esqueleto do veículo, a pintura e o encaixe de componentes elétricos e mecânicos. A inovação tecnológica proporcionou a elevação do nível de automação desses processos, diminuindo a participação humana direta na produção e contribuindo para a redução dos riscos de acidentes (D'ALVA, 2011).

Entretanto, no processo de montagem final do automóvel, fase conhecida como *trim shop*, na qual todas as peças de acabamento são encaixadas na carroceria, o número de robôs diminui, já que os operários conseguem detectar com maior facilidade as falhas na produção e corrigir os possíveis erros. Os acertos do painel, os ajustes dos bancos, vidros e da suspensão, e os detalhes da parte elétrica são supervisionados e depois checados pelos funcionários (OTTO; SCHOLL, 2011).

O programa *Megaactories*, da *National Geographic*, canal de televisão americana por assinatura, exibiu a montagem do Camaro modelo 2010, clássico americano da Chevrolet, na fábrica de *Oshawa*, no Canadá, uma das maiores fabricas de automóveis do mundo que utiliza tecnologia de ponta. Na montagem final, os operários passam toda a fiação elétrica manualmente em 440 unidades durante um turno de 8 horas, sendo em média quase um carro por minuto. Já a colocação do painel é automatizada: o operário trabalha com o braço robótico para movimentar e instalar um painel de 113 quilos a cada 40 segundos (KASS, 2013).

Ainda assim, em reportagem realizada pela iCarros em 2010, na montadora FIAT® de Betim em Minas Gerais, a fábrica que mais produz carros no Brasil informou que, diariamente, são manuseadas mais de 19 mil peças na fase da produção final (LOPES, 2014).

Com a necessidade de colaboradores presentes diretamente no setor, aumenta-se a exposição dos mesmos aos fatores de risco ocupacionais, ou seja, às chances de acidentes ou doenças a que estão expostos nas situações de trabalho (COMPER, M., 2011).

Os primeiros casos de doenças ocupacionais foram identificados com o decorrer do desenvolvimento industrial, sendo caracterizados por gerar prejuízos à saúde do trabalhador, em qualquer área de execução de serviço, levando-o ao desgaste, perdas produtivas, sobrecarga e afastamento do serviço (PAULA; HAIDUKE; MARQUES, 2016). As empresas, ao sofrerem os impactos negativos, como perda da produtividade, aumento dos custos e a necessidade de mais mão de obra para suprir a ausência desses funcionários, começaram a se preocupar cada vez mais com a saúde do trabalhador (MATTOS, 2015). Destaca-se o exemplo da Peugeot, cuja implantação do programa de ergonomia levou à

redução o ciclo de tempo na linha de montagem final juntamente com uma diminuição simultânea de 30% em novos casos de distúrbios musculoesqueléticos (OTTO; SCHOLL, 2011).

A Organização Internacional do Trabalho (OIT) estima que, a cada 15 segundos, 153 profissionais sofrem algum acidente de trabalho. São registrados por ano mais de 2,3 milhões de mortes envolvendo acidentes ou doenças relacionadas ao trabalho (VIEIRA et al., 2014).

Segundo o Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho de 2016, foram registrados no INSS esse ano cerca de 578,9 mil acidentes de trabalho, sendo o setor Indústria com 38,16% e o setor Serviços com 58,57% dos casos. No setor de fabricação de veículos e equipamentos de transporte ocorreram 12.227 acidentes; no subgrupo de fabricação de automóveis, camionetas e utilitários totalizou 1843 acidentes, sendo 307 desses causados por doença do trabalho, enquanto o subgrupo de fabricação de peças e acessórios para veículos automotores apresentou 5811 acidentes com 399 provindos de doenças trabalhistas (MF; INSS; DATAPREV, 2016).

O Ministério do Trabalho (MT) classifica os riscos ocupacionais de acordo com sua natureza: física, química, biológica, acidental ou ergonômica; sendo a última referente às situações que se ligam ao estresse físico ou psicológico do trabalhador. Desta forma, a ergonomia tem como objetivo observar e estudar o profissional em seu real posto de trabalho possuindo uma abordagem sistêmica de todos os aspectos da atividade humana. Sendo uma ciência que contribui para melhorar a eficiência, confiabilidade e qualidade das operações industriais, a mesma aprimora a relação homem-máquina no ambiente produtivo (BARALDI, 2006).

Dentre os três domínios de especialização da ergonomia, há a ergonomia física, ligada às características da anatomia humana, tendo como pontos relevantes o estudo da postura no trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos, possíveis distúrbios músculo-esqueléticos relacionados ao trabalho, projeto de posto de trabalho, segurança e saúde (COUTINHO; ABREU, 2017).

Ao relacionar a produção enxuta com a ergonomia, conclui-se que os entraves no rendimento das atividades, tendo em vista os desgastes físicos dos operadores, são evitados com a aplicação dos conceitos ergonômicos. Estes serão responsáveis por aprimorar a técnica dos colaboradores, diminuir os custos por danos de equipamentos e prevenir problemas de produção (MATTOS, 2015).

As estatísticas de acidentes que ocorrem na linha de montagem automotiva contrastam com a importância da ergonomia explicitada acima. Assim sendo, percebe-se

que há uma deficiência de gestão ergonômica nas indústrias automobilísticas nacionais bem como nas suas terceirizadas (BARALDI, 2006), tornando-se a problemática desse projeto.

Neste sentido, o presente artigo buscou, por meio da revisão bibliográfica em periódicos, teses, dissertações e notícias recentemente publicadas, identificar e discorrer sobre as principais inovações de âmbito ergonômico que estão sendo incorporadas e que visam proporcionar uma melhor condição de trabalho aos colaboradores do setor *trim shop*.

Ao abordar as inovações ergonômicas nas linhas de montagem automotivas, a pesquisa se insere no contexto da chamada quarta revolução industrial, também conhecida como Indústria 4.0. Esta se refere à transformação dos processos industriais a uma velocidade nunca vista antes, baseando-se na alta tecnologia e em subsistemas que se comunicam de forma autônoma entre si ao longo de toda a cadeia produtiva. Impactando na competitividade, na sociedade e na economia, as mudanças tecnológicas referentes a esta revolução envolvem robótica, redes de comunicação, processamento maciço de dados e uso de algoritmos sofisticados para apoio à tomada de decisão. Ao relacionar as práticas ergonômicas com este processo de modernização industrial, conclui-se que a busca por soluções para que o operador execute a atividade com maior qualidade é um importante desafio que está inerente às práticas da Indústria 4.0 (IBARRA; GANZARAIN; IGARTUA, 2018; SPADA et al., 2017).

Nos processos de fabricação industrial até então, as soluções robóticas são aptas a realizarem tarefas que exigem grande esforço físico; no entanto, as mesmas não oferecem capacidade de manipulação, flexibilidade, resolução de problemas e qualidade, características próprias dos seres humanos. Assim, ainda há necessidade da atuação dos colaboradores em tarefas manuais de montagem e manuseio, o que destaca o gargalo de novas soluções que apoiem o trabalho físico desses operadores. Com os avanços tecnológicos na relação homem-robô, que visam resguardar o bem-estar do trabalhador enquanto otimiza a produtividade e desempenho do sistema, destaca-se o exoesqueleto como uma inovação de sucesso (SPADA et al., 2017).

Tendo sua tecnologia originalmente focada em aplicações militares e de reabilitação, esse dispositivo foi recentemente visto como alternativa de aplicação na indústria de transformação, já que seu principal benefício é a fusão entre a flexibilidade humana e o aumento da potência da máquina sem necessidade de ensino ou programação, no qual o contato físico direto entre o operador e a estrutura permite uma troca de energia mecânica e sinais de informação (SPADA et al., 2017).

Vistos como equipamentos de suporte nas linhas de montagem automotivas, a *Fiat Chrysler Automobiles (FCA)*, após uma pesquisa de literatura e benchmarking de

dispositivos comerciais disponíveis, realizou uma campanha de testes para definir a aplicabilidade, usabilidade e implementação de exoesqueletos em tarefas de trabalho; no caso do exoesqueleto passivo da tecnologia *Levitare*®, os resultados qualitativos e quantitativos feitos com um grupo de 29 colaboradores mostraram efeito positivo da tecnologia nas atividades que envolvem posturas com braços levantados, aumentando o desempenho dos funcionários em média de 30% e reduzindo a fadiga (SPADA et al., 2017).

No Polo Automotivo da Fiat em Betim, Minas Gerais, várias iniciativas para a melhoria das condições ergonômicas dos operadores estão sendo implementadas, como os ganchos giratórios e o braço mecânico, destacando os exoesqueletos como a mais recente inovação adotada. Esta nova tecnologia, fruto de um investimento de 80 mil dólares, pode ser usada em membros inferiores ou superiores, com o objetivo de fornecer sustentação e auxiliar em tarefas que exijam esforço físico ou movimentação. Sendo um equipamento leve, o exoesqueleto acompanha os movimentos do colaborador em total sincronia, além de absorver o peso do tronco, dos braços ou do corpo inteiro, retirando a fadiga muscular e o desgaste físico do trabalhador (CAPUTO, 2017).

Tratando-se dos benefícios, esta inovação permite com que o trabalho dos colaboradores seja mais confortável, visando aumento de agilidade e produtividade da linha automotiva. Após o trabalhador concluir o período de adaptação, o exoesqueleto se torna imperceptível, passando a ser visto como parte integrante do uniforme usado no cotidiano. Segundo o presidente da FCA, Stefan Ketter, ganhos significativos de eficiência já foram constatados ao perceber que o nível de imprevistos e de distúrbios na produção diminuiu consideravelmente. O mesmo acredita que os ganhos de qualidade também serão contínuos e crescentes (CAPUTO, 2017; SILVA, 2018).

Figura 1: Operador utilizando o exoesqueleto na linha de montagem na fábrica da Fiat em Betim



Fonte: Silva (2018)

Outra iniciativa adotada na filial brasileira é a introdução de robôs colaborativos que atuam juntamente com os operários, facilitando o trabalho dos mesmos e melhorando a produção ao reduzir o tempo. Aptos a realizarem diferentes operações, como a entrega de peças e a aplicação de solvente ao redor do para-brisa, estes robôs apresentam total segurança, fazendo com que cessem suas atividades imediatamente ao detectarem qualquer contato humano (SILVA, 2018).

Apesar de ser a primeira indústria automobilística no uso dos exoesqueletos na América Latina, a FCA não é a única colhendo os benefícios desse investimento. Nos Estados Unidos, a concorrente *Ford Motor Company* já usa um traje similar denominado *EksoVest®* exoesqueleto passivo para a parte superior do corpo, destinado à tarefas que exigem braços levantados. Desenvolvida para ser usada na forma de colete, esta ferramenta se adapta a pessoas de 1,50 m até 1,95 m de altura e suas molas podem ser ajustadas para oferecer uma assistência de 2,26 kg a 6,80 kg por braço; por não ser pesado nem volumoso, é confortável e permite liberdade de movimentos. Essa roupa biônica, ao auxiliar na correção de postura dos trabalhadores, especialmente aqueles que trabalham debaixo dos carros e com os braços elevados, já foi introduzida em duas fábricas dos Estados Unidos; durante uma medição anual, foi relatado que houve uma diminuição de 83% nas lesões no local de trabalho e tempo de afastamento (WESSLÉN, 2018).

Figura 2: Colaborador utilizando o EksoVest® no setor *trim shop* da Ford



Fonte: Ford Notícias (2017)

Aliada a esta inovação, a realidade virtual também está presente em unidades da Ford para garantir a ergonomia na linha de produção, ao utilizar esta tecnologia para simular, antever e analisar os futuros postos de trabalho. Este sistema permite o mapeamento dos esforços, alcances e outras demandas físicas dos colaboradores, a fim de

corrigir ou anular possíveis sobrecargas para não desencadear lesões ou doenças osteomusculares (HU et al., 2011).

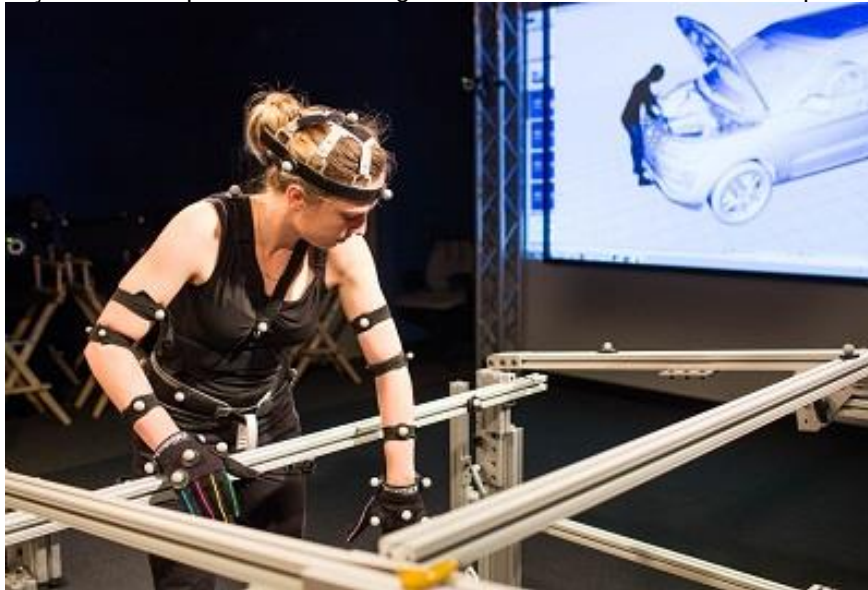
Em média, a equipe de ergonomistas da Ford completa mais de 900 avaliações de tarefas de montagem virtual por lançamento de veículo novo, o que viabiliza projetos, mantém a alta qualidade e leva a segurança geral do processo de montagem para mais de 50.000 funcionários das linhas produtivas da organização. O programa de fabricação virtual, o qual apresenta a captura de movimento de corpo inteiro, realidade virtual imersiva e impressão 3D como suas tecnologias principais, já promoveu a redução de problemas ergonômicos como peças de difícil instalação no lançamento de veículos novos em 90%, assim como a diminuição da quantidade de dias fora do trabalho devido à lesões em 75% (FORD EDGE, 2015).

Fornecendo dados sobre como o colaborador usa seu corpo para se mover e concluir tarefas, a primeira tecnologia é usada por meio de 52 marcadores de captura de movimento, colocados nos braços, pernas e tronco. Por meio desses, os ergonomistas conseguem gravar mais de 5.000 pontos de dados para avaliar a força e fraqueza muscular, articulação, tensão e desequilíbrio corporal do trabalhador (FORD EDGE, 2015).

A realidade virtual imersiva, por sua vez, é feita através de simulações virtuais, as quais são constituídas por manequins adaptáveis a situações extremas, representando os operários do setor de montagem, além de imagens dos componentes dos veículos em CAD (desenho assistido por computador). Por meio da captação de movimentos, este sistema cria uma imagem de corpo inteiro de um operador em seu ambiente produtivo, para que, por meio de óculos de realidade virtual, os ergonomistas possam olhar para um carro na linha com a mesma perspectiva desse operador, permitindo simular seus movimentos, calcular a força necessária em cada ação realizada e melhorar o planejamento de avaliação de riscos (FORD NOTÍCIAS, 2017).

Por meio dos manequins, consegue-se avaliar aspectos como posturas, interferências manuais, capacidade de força e frequência de movimento. Caso a análise virtual de uma determinada tarefa apresente resultados considerados justamente no limite aceitável para os padrões ergonômicos, é possível realizar uma simulação física da mesma atividade, com o auxílio da impressão 3D para fabricação das peças de montagem a serem manuseadas. Um exemplo é a validação da folga das mãos no processo de montagem do veículo; colaboradores com tamanhos de mãos variados usam o modelo impresso em 3D para testar o quão apertado o espaço para a montagem será, auxiliando na tomada de decisões na cadeia produtiva (FORD EDGE, 2015).

Figura 3: Simulações virtuais para estudo da ergonomia dos colaboradores feitas pela Ford



Fonte: Ford Notícias (2017)

Ao também se associar com os novos conceitos trazidos pela Indústria 4.0, a Volkswagen do Brasil está aperfeiçoando a ergonomia das linhas automotivas, usando as simulações virtuais de forma totalmente empreendedora. Após a tentativa de usar sensores no corpo dos colaboradores para digitalizar os movimentos de forma ágil, ideia que apresentou um orçamento elevado, a organização inovou ao trazer para o setor automobilístico uma tecnologia que já é sucesso na indústria do entretenimento, mais precisamente dos games (IMPrensa VOLKSWAGEN, 2015).

Após autorização da Microsoft, empresa responsável pela tecnologia comum nos videogames, os engenheiros de manufatura da Volkswagen estão utilizando o então sensor de movimento *Kinect*, aparelho capaz de fazer com que os jogadores se interajam com os jogos eletrônicos sem a necessidade de terem em mãos um controle. Esta ferramenta é ligada aos computadores para captar as imagens dos colaboradores operando em seus postos de trabalho, para que assim seja viável a avaliação das posturas ergonômicas (PLACERES, 2017).

Por meio de uma câmera, as imagens dos trabalhadores são captadas e reproduzidas nas telas do computador, juntamente com as cenas virtuais que representam a linha de montagem e o veículo. Em seguida, os softwares são informados sobre as características da tarefa, tais como peso da peça que está sendo manipulada, quantas vezes o operador repetirá aquele movimento por dia, seu campo de visão, postura, entre outras. Com base nesses dados, os softwares verificam soluções para melhorar ainda mais a ergonomia da atividade em análise (IMPrensa VOLKSWAGEN, 2015).

Figura 4: Análise ergonômica nas linhas da Volkswagen feita com simulações virtuais utilizando o Kinect



Fonte: Imprensa Volkswagen (2015)

Dentre as vantagens que o *Kinect* proporciona, destaca-se a praticidade de uso do mesmo, já que o aparelho é transportado e montado facilmente, permitindo simulações rápidas. O uso correto dessa tecnologia nas condições reais do local de trabalho permite com que os ergonomistas analisem os movimentos dos colaboradores de forma conjunta em vez de poses isoladas. Além disso, o dispositivo fornece informações temporais suplementares, como o tempo gasto em cada atividade e feedbacks em tempo real (PLANTARD et al., 2015).

E, como exemplo de resultado advindo do *Kinect*, há o equipamento *Raku-raku*®, usado no setor de montagem final da empresa. Consiste em uma cadeira sustentada em um suporte móvel que carrega o colaborador para dentro do carro, permitindo com que ele monte as peças internas sem precisar fazer esforços para se locomover (IMPrensa VOLKSWAGEN, 2015).

A *General Motors* também desenvolveu uma cadeira ergonômica, capaz de carregar o colaborador dentro do veículo por meio de um assento giratório que é acionado por um braço robótico e controlado pelos movimentos do corpo. Nomeada de *Ergo Chair*, essa ferramenta surgiu devido ao lançamento da linha de automóveis *Chevrolet Traverse*, a qual oferece novos benefícios para os assentos na terceira fileira de passageiros, como cintos elétricos, conectores de *airbags*, entretenimento informativo, luzes, controle de temperatura e ganchos. Para que a instalação desses variados recursos pudesse ocorrer da maneira mais segura e ergonômica aos trabalhadores, permitindo com que estes fizessem todo o trabalho aéreo e traseiro necessário, a *Ergo Chair* foi desenvolvida, sendo esta capacitada de carregar inclusive as ferramentas e peças necessárias durante o processo de montagem (ROSENBERG, 2014).

Figura 5: Membro da equipe da *General Motors* usando a *ErgoChair* na montagem do *Chevrolet Traverse* 2014



Fonte: McCandless (2014)

Assentos ergonômicos também estão sendo utilizados nas linhas automotivas da *Audi*, aptos a deslizarem facilmente os membros da equipe para o interior de um veículo. Atrelado a eles há o Painel de Butler, um aparelho que auxilia o levantamento de cargas pesadas, facilitando o trabalho dos operários na locomoção de peças para montagem (MCCANDLESS, 2014).

Figura 6: Utilização do Painel de Butler pelos colaboradores da Audi na loja de imprensa em Ingolstadt, Alemanha



Fonte: McCandless (2014)

Outra inovação desenvolvida pela automobilística alemã são as *Medical Gloves*, luvas que reduzem o estresse nas mãos causado pela pressão das tarefas de montagem em mais de 50%. Feita em parceria com *Spörer AG*, uma empresa de Ingolstadt, na Alemanha, especializada em tecnologia ortopédica, a luva permite com que a mão seja submetida a menos esforço, mantendo seu senso tátil e mobilidade máxima. Usando-se dos

feedbacks de funcionários para ajustá-la perfeitamente aos requisitos, as chamada órtese de produção possui um revestimento absorvente de choque, o qual reduz as forças que atuam na mão onde a pressão é exercida. Tendo um prendedor altamente elástico que estabiliza o pulso, essa luva especial mantém os trabalhadores saudáveis e eficazes, além de melhorar a sensação de bem-estar das áreas de produção da *Audi* (AUDI, 2015).

Figura 7: Colaboradora utilizando as *Medical Gloves* na automobilística Audi



Fonte: Audi (2015)

Para maior compreensão das tecnologias de enfoque ergonômico abordadas nesse estudo, elaborou-se a Tabela 1, apresentada a seguir, de forma a indicar todas as inovações e seus principais benefícios aos colaboradores do setor *trim shop*.

Tabela 1: Inovações tecnológicas de âmbito ergonômico inseridas no setor *trim shop*

Inovações ergonômicas	Principais benefícios
Exoesqueleto	• Acompanhamento dos movimentos do colaborador sem necessidade de programação • Sustentação em tarefas que demandam esforço físico ou movimentação • Maior conforto, agilidade e produtividade
Realidade Virtual	• Permite simular, antever e analisar os futuros postos de trabalho • Mapeamento dos esforços, alcances e demandas físicas dos colaboradores • Avalia-se aspectos como posturas, interferências manuais, capacidade de força e frequência de movimento • Reduz problemas ergonômicos ao corrigir ou anular possíveis sobrecargas no trabalho

Cadeira Ergonômica	• Carrega o colaborador para dentro do carro, levando-o a montar as peças internas sem precisar fazer esforços para se locomover • Permite a realização de todo o trabalho aéreo e traseiro necessário com maior conforto e segurança
Luvas Ergonômicas	• Faz com que as mãos sejam submetidas a menos esforço, mantendo o senso tátil e mobilidade máxima • Possui um revestimento absorvente de choque, o qual reduz as forças que atuam na mão onde a pressão é exercida

Fonte: Autoria Própria

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tecnologias inovadoras como estas apresentadas estão em constante aperfeiçoamento para compor a chamada “fábrica inteligente”, a qual segue os princípios lançados pela Quarta Revolução Industrial. Para se garantirem no mercado, as empresas exploram a aplicação de sistemas digitais nos processos produtivos. Porém, apesar da crescente tendência da automação industrial, pode ser improvável que robôs e algoritmos substituam a capacidade cognitiva humana, o que faz com que os trabalhadores tenham tarefas mais complexas e trabalhem de maneira integrada com essas novas tecnologias. Tendo seus colaboradores atuando lado a lado com robôs colaborativos, este modelo de fábrica ideal se caracteriza pela capacidade de adaptação, pela eficiência dos recursos e pela preocupação com a ergonomia da produção.

O uso da ergonomia nos postos de trabalho beneficia tanto o funcionário com melhorias na saúde e segurança, priorizando o conforto do mesmo e facilitando a montagem das peças nos veículos, quanto o empresário com uma maior lucratividade e rapidez na fabricação de seus produtos, podendo ser considerado como um diferencial competitivo. Além de adquirir vantagens perante os concorrentes, oferecer um tipo de ambiente ergonomicamente projetado é atraente para a próxima geração de trabalhadores, o que faz atrair e reter os colaboradores mais talentosos.

Visto que as tarefas manuais ainda são de extrema importância na Indústria 4.0, serão por meio da informatização da manufatura e dos sistemas cibercléticos que novas ferramentas de avaliação ergonômica poderão ser desenvolvidas, aprimorando continuamente os estudos desta área e garantindo consequentemente uma melhor qualidade de vida aos trabalhadores das linhas de montagem automotivas.

4. REFERÊNCIAS

- ALBANO, C. S.; GARCIA, F. T. *O impacto do método e de fatores organizacionais no processo de planejamento estratégico: estudo de caso em uma universidade federal*. Parcerias Estratégicas, v. 18, n. 37, p. 151–172, 2013.
- ARAÚJO MELO, T. B. DE. *Do Fordismo à Acumulação Flexível: uma análise das mudanças no padrão de consumo*. 2014. 62f. Monografia de Bacharelado – UFRJ, Rio de Janeiro, 2014.
- Associação Nacional dos Fabricantes de veículos automotores - ANAFEA. *Anuário da Indústria Automobilística Brasileira*. p. 158, 2017.
- AUDI. *Medical Gloves for improved ergonomics in production at Audi*. Disponível em: <<https://www.conceptcarz.com/a13566/medical-gloves-for-improved-ergonomics-in-production-at-audi.aspx>>. Acesso em: 21 jul. 2018.
- BARALDI, E. C. *Ergonomia e abastecimento planejado em uma linha de montagem automotiva*. 2006. 109f. Trabalho de Conclusão de Curso – USP, São Paulo, 2006.
- CAPUTO, V. *Fiat indica futuro do trabalho com uso de exoesqueletos*. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/tecnologia/fiat-indica-futuro-do-trabalho-com-uso-de-exoesqueletos/>>. Acesso em: 19 fev. 2018.
- CERRA, A. L.; MAIA, J. L.; ALVES FILHO, A. G. *Aspectos estratégicos, estruturais e relacionais de três cadeias de suprimentos automotivas*. Gestão & Produção, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 253–265, 2007.
- CARVALHO, E. G. DE. *Globalização e estratégias competitivas na indústria automobilística: uma abordagem a partir das principais montadoras instaladas no Brasil*. Gestão & Produção, Araraquara:UNESP, v. 12, n.1, p. 121 – 133, 2005.
- COMPER, M. L. C. *Tradução, Adaptação Transcultural e Propriedades Clinimétricas Do Instrumento Quick Exposure Check (QEC) Versão Brasil*. 2011. 94f. Dissertação de Mestrado – USP, São Paulo, 2011.
- COUTINHO, G. B. F.; ABREU, W. DE. *Avaliação Das Condições De Trabalho No Setor Industrial: Uma Abordagem Centrada Na Ergonomia Física E Organizacional*. Revista Brasileira de Ergonomia, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 127–140, 2017.
- D’ALVA, M. V. *Análise Ergonômica do Trabalho e os Processos de Transferência de Tecnologias: Estudo de Caso em uma Empresa Fornecedora do Polo de Duas Rodas*. 2011. 90f. Dissertação de Mestrado - UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.
- DAVIES, S. A holistic approach to quality [automobile industry]. Manufacturing Engineer, Londres: IEE, 2007.
- FORD EDGE. *Virtual Manufacturing Technology Preseason training for Ford ’s ‘ industrial athletes ’*. Media.Ford, p. 2, 2015.
- FORD NOTÍCIAS. *A manufatura virtual e os atletas industriais da Ford* - YouTube. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=1LgefET5LwE&feature=youtu.be>>. Acesso em: 21 fev. 2018.
- GABRIEL, L. F. E. A. *Uma Análise da Indústria Automobilística no Brasil e a Demanda de*

Veículos Automotores: Algumas Evidências para o Período Recente. IV Encontro Internacional da Sociedade Keynesiana Brasileira (AKB). Porto Alegre: UFRGS, p. 1-20, 2010.

HU, B. et al. *Predicting real-world ergonomic measurements by simulation in a virtual environment*. International Journal of Industrial Ergonomics, v. 41, n. 1, p. 64–71, 2011.

IBARRA, D.; GANZARAIN, J.; IGARTUA, J. I. *Business model innovation through Industry 4.0: A review*. Procedia Manufacturing, Tirgu-Mures, Romania, v. 22, p. 4–10, 2018.

IMPrensa VOLKSWAGEN. *Volkswagen do Brasil usa tecnologia de videogame para aprimorar ainda mais a ergonomia em suas fábricas*. Disponível em: <<http://www.vwbr.com.br/ImprensaVW/Release.aspx?id=d2f5fac3-f38a-4296-a64f-98f214fb901c>>. Acesso em: 21 fev. 2018.

KASS, A. *Camaro - Linha de Montagem - YouTube*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=qwRD_MIHJqo>. Acesso em: 5 mar. 2018.

LOPES, A. *Automóvel, saiba como se faz um carro: produção e estratégia - YouTube*. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=E75kHTrEeWo>>. Acesso em: 5 mar. 2018.

MACEDO, R. D. *Análise da balança comercial e da competitividade da indústria automobilística brasileira no mercado internacional*. Observatório de la economía latinoamericana, Brasil, p. 1–31, 2015.

MATTOS, D. L. DE. *Avaliação De Um Modelo De Gestão De Ergonomia Baseado Em Práticas Da Produção Enxuta: Enfoque No Índice De Absenteísmo Em Uma Empresa De Embalagens De Papelão Ondulado Catarinense*. 2015. 196f. Dissertação de Pós-Graduação - UFSC, Florianópolis, 2015.

MCCANDLESS, K. *Ambiente de trabalho de última geração - Automotive Manufacturing Solutions*. Disponível em: <<https://automotivemanufacturingsolutions.com/pt-br/foco-pt-br/ambiente-de-trabalho-de-ultima-geracao>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

MF, Ministério da Fazenda; INSS, Instituto Nacional do Seguro Social; DATAPREV, Empresa de Tecnologia e Informações da Previdência Social. *Anuário Estatístico da Previdência Social 2016*. Anuário Estatístico da Previdência Social, v. 23, n. 25, p. 934, 2016.

MORAES NETO, B. R. DE. *Fordismo e Ohnoísmo: trabalho e tecnologia na produção em massa*. Estudos Econômicos, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 317–349, 1998.

OMAR, M. et al. *Organizational learning in automotive manufacturing: A strategic choice*. Journal of Intelligent Manufacturing, Nova Iorque: Springer. Out. 2011.

OTTO, A.; SCHOLL, A. *Incorporating ergonomic risks into assembly line balancing*. European Journal of Operational Research, Alemanha, v. 212, n. 2, p. 277–286, 2011.

PAULA, A. DE; HAIDUKE, I. F.; MARQUES, I. A. A. *Ergonomia e Gestão: complementaridade para a redução dos afastamentos e do stress, visando melhoria da qualidade de vida do trabalhador*, Revista Conbrad, Maringá, v. 1, n.1, p. 121 – 136, 2016.

PLACERES, C. *Como a Volkswagen usa tecnologia para montar o quebra-cabeça da Indústria 4.0*, 2017. Disponível em: <<http://www.cnidigital.org/artigo/como-a-volkswagen-usa-tecnologia-para-montar-o-quebra-cabe-a-da-ind-stria-4-0>>. Acesso em: 21 fev. 2018.

PLANTARD, P. et al. *Pose Estimation with a Kinect for Ergonomic Studies: Evaluation of the Accuracy Using a Virtual Mannequin*. Sensors, França, v. 15, n. 1, p. 1785–1803, 2015.

ROSENBERG, D. *GM's Ergo Chair Helps Build A Better Car | GM Authority*. Disponível em: <<http://gmauthority.com/blog/2014/05/unique-robotic-tool-assists-assembly-line-workers/>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

SILVA, C. *Em fábrica da Fiat, operários e exoesqueletos*. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,em-fabrica-da-fiat-operarios-e-exoesqueletos,70002150839>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

SPADA, S. et al. *Investigation into the Applicability of a Passive Upper-limb Exoskeleton in Automotive Industry*. Procedia Manufacturing, Itália, v. 11, n. June, p. 1255–1262, 2017.

STURGEON, T.; VAN BIESEBROECK, J.; GEREFFI, G. *Value chains, networks and clusters: Reframing the global automotive industry*. Oxford:Journal of Economic Geography, 2008.

VIEIRA, A. S. S. et al. *OIT - Organização Internacional do Trabalho. SINUS 2014 - Compartilhando responsabilidades na promoção da justiça*, p. 59, 2014.

WESSLÉN, J. *Exoskeleton Exploration*. Jönköping University, School of Engineering, JTH, Industrial Engineering and Management, 52f, 2018.

Contatos: luana.valamede@gmail.com e mariana.lima@mackenzie.br