

O mapeamento de fluxo de valor como método para se alcançar a manufatura sustentável: Revisão Bibliográfica Sistemática

Mariele Canal Bonfante (Universidade Federal de Santa Catarina) marielebonfante@gmail.com
João Carlos Espíndola Ferreira (Universidade Federal de Santa Catarina) j.c.ferreira@ufsc.br

Resumo:

Este artigo tem como objetivo identificar e descrever o estado do conhecimento sobre a utilização do mapeamento de fluxo de valor (*value stream mapping* – VSM) como método para melhorar o processo produtivo com foco na sustentabilidade. Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática (RBS), constituída pelas fases de planejamento, execução e análise da revisão. A avaliação dos documentos selecionados evidenciam a relevância e atualidade do tema, sendo que o mapeamento de fluxo de valor vem sendo adaptado para identificar desperdícios que englobam os âmbitos econômico, ambiental e social. No final do artigo é apresentado um quadro identificando os principais métodos de mapeamento e os indicadores por eles utilizados.

Palavras chave: Mapeamento de fluxo de valor, Manufatura sustentável, mapeamento de fluxo de valor sustentável.

Value stream mapping as a framework to reach sustainable manufacturing: a systematic review

Abstract

The goal of this article is to identify and describe the available documents about the use of value stream mapping as a method to improve the production system focusing the sustainability. A systematic review was conducted, composed by: planning, execution and analysis. The documents' evaluation emphasize the topic's relevance, once the value stream mapping has been adapted to identify wastes that reach the economic, ambiental and social spheres. At the end of the article a chart is presented, identifying the methods and the used indicators.

Key-words: value stream mapping, sustainable manufacturing, sustainable value stream mapping

1. Introdução

O ano de 2015 iniciou com um cenário desfavorável à economia no Brasil. Setores como o automotivo, alimentos, metalurgia, máquinas e equipamentos realizam demissões desde o fim de 2014 (COSTAS, 2015). Em junho de 2015 as fábricas da Mercedes-Bens, Iveco, Fiat e General Motors interromperam sua produção devido ao declínio das vendas (LAGUNA, 2015). Além disto, o aumento dos custos da energia elétrica, de aproximadamente 23,4% (NEDER, 2015), do transporte e impostos, reflete diretamente no aumento do custo de produção.

Em março de 2015, as micro e pequenas empresas paulistas apresentaram queda de 4,8% no faturamento real sobre março de 2014 (SEBRAE-SP, 2015). De acordo com especialistas

“2015 deve ser um ano de análise e cautela por parte dos empreendedores, evitando desperdícios e racionalizando produção e/ou vendas. Planejar e otimizar recursos serão importantes ferramentas para lidar com a economia mais fraca e a demanda desaquecida” (SEBRAE-SP, 2015).

Tais fatos evidenciam a importância da redução de desperdícios e melhoria no aproveitamento de recursos na produção industrial para que o setor seja capaz de transpor a crise atual e estar preparado para futuros desafios. Além disso, em meio às constantes previsões de escassez de recursos naturais e aumento da poluição do ar, águas e solo, o foco na sustentabilidade torna-se fundamental no desenvolvimento de atividades industriais.

No âmbito industrial, o termo sustentabilidade considera a criação de produtos a partir de processos que minimizam os impactos negativos na natureza, conservando energia e recursos, sendo seguro para os trabalhadores e consumidores além de economicamente viável (THE US DEPARTMENT OF COMMERCE, 2015). Elkington (1998) apresenta o conceito de sustentabilidade afirmando que o sucesso do mercado no futuro dependerá da habilidade das empresas em atender três requisitos simultaneamente: rentabilidade, qualidade ambiental e justiça social, este conceito é denominado tripé da sustentabilidade.

Empresas capazes de entregar produtos e serviços com menos impactos ambientais são capazes de obter vantagens competitivas, pois o cliente não quer comprar impacto, resíduos e riscos junto com seu produto, em alguns segmentos de mercado o melhor desempenho ambiental pode atrair novos clientes (EPA, 2007).

O mapeamento de fluxo de valor (*Value Stream Mapping* - VSM), na sua forma original, formalizado por Rother e Shook, (2003), representa visualmente os fluxos de material e informação do processo produtivo, sendo que o foco é a identificação de desperdícios que se encaixam nas sete categorias: excesso de produção, defeitos, estoque desnecessário, processamento desnecessário, transporte desnecessário, espera e movimentação desnecessária.

A *Environmental Protection Agency's* foi a precursora na utilização do VSM estendido à sustentabilidade. Na publicação “*The Lean and Environment Toolkit*” ela apresentou como incorporar conceitos ambientais ao VSM, definindo que desperdício ambiental é qualquer uso desnecessário de recursos ou substâncias lançadas no ar, água ou solo que podem prejudicar a saúde humana ou o meio ambiente, e assim como outros tipos de desperdícios, não adicionam valor ao cliente e representam custos à empresa e à sociedade (EPA, 2007).

Neste contexto, a aplicação do mapeamento de fluxo de valor estendido para a sustentabilidade se apresenta como um método promissor para que empresas sejam capazes de melhorar seus processos considerando simultaneamente os âmbitos social, ambiental e econômico. Portanto, torna-se necessário conhecer como este método vem sendo empregado, quais são os trabalhos existentes e quais possibilidades de novas pesquisas a cerca do tema.

2. Metodologia de Pesquisa

A abordagem de pesquisa adotada foi a revisão bibliográfica sistemática (RBS), que de acordo com Kitchenham (2004), é capaz de resumir os benefícios e limitações de um método específico, identificar lacunas nas pesquisas existentes a fim de sugerir futuras investigações, assim como fornecer uma base do conhecimento existente para apoiar novas pesquisas.

O termo revisão bibliográfica sistemática refere-se a uma metodologia de pesquisa específica e tem como finalidade reunir e avaliar os documentos disponíveis sobre um determinado tema. Por se tratar de uma maneira formal de realização de revisão, a RBS segue uma sequência de passos bem definidos (Biolchini et al., 2005).

O processo de revisão bibliográfica sistemática, proposto por Kitchenham (2004), é composto

por três etapas: planejamento, execução e análise da revisão, a Figura 1 ilustra as etapas da RBS.

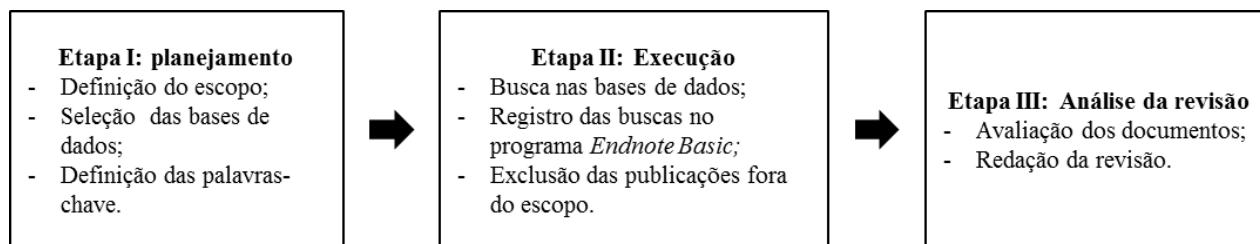


Figura 1 – Etapas da RBS

3. Planejamento e execução da revisão

Primeiramente foram selecionadas três bases de dados: *Scopus*, *Science Direct* e *Web of Science*, tais bases de dados foram escolhidas devido a sua relevância na área pesquisada. Em seguida foram definidas as palavras-chave para a pesquisa, sendo elas:

- “value stream mapping” and “sustainability”;
- “value stream mapping” and “sustainable”;
- “value stream mapping” and “environment”.

A próxima etapa consistiu em realizar buscas nas três bases de dados utilizando as palavras-chave escolhidas. Para a obtenção de resultados mais consistentes, as buscas foram feitas utilizando os mesmos padrões de pesquisa nas diversas bases de dados. A busca foi realizada em títulos de artigos, resumos e palavras-chaves, foram considerados todos os tipos de arquivos e sem restrição de data de publicação.

Os resultados obtidos a partir das buscas estão apresentados na Figura 2.

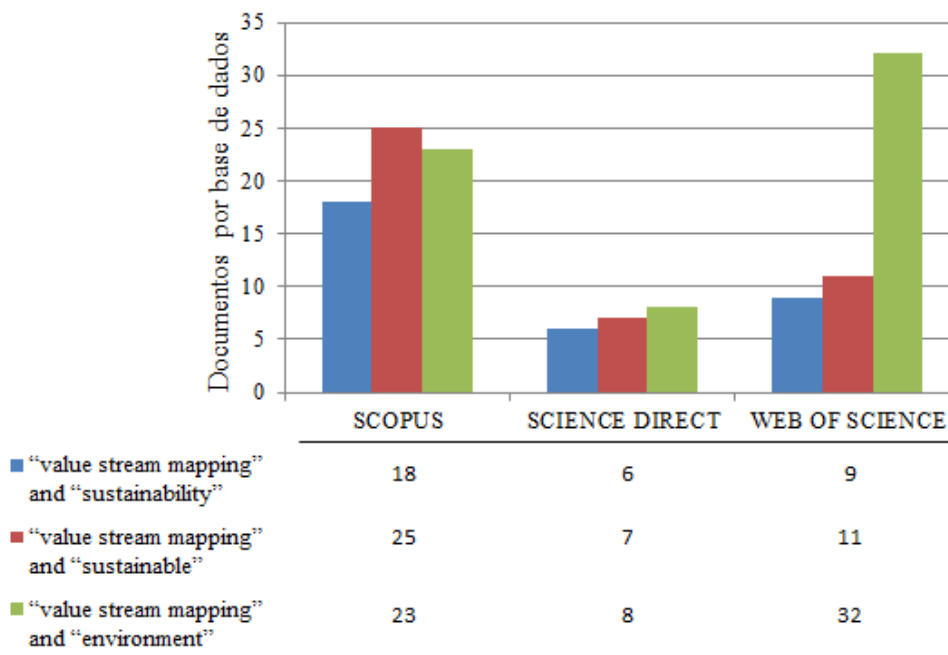


Figura 2 – Resultados das buscas

No total foram encontrados 139 documentos que foram registrados no programa *Endnote Basic*, com o auxílio deste, foi realizada uma busca por duplicações, restando 85 documentos.

Em seguida os 85 documentos foram analisados pelo conteúdo do título e resumo, os que não se encaixaram dentro do critério de estarem relacionados à apresentação ou aplicação do VSM na indústria com foco na sustentabilidade foram excluídos, restando assim 20 documentos para que seus conteúdos fossem completamente analisados. Destes documentos restantes, 4 não estavam disponíveis para a leitura completa.

4. Análise da revisão

Na última etapa restaram 10 documentos para compor a revisão. O conteúdo destes documentos é apresentado nesta seção.

Lai et. al. (2008) utilizaram inicialmente o mapeamento de fluxo de valor convencional para visualizar o processo de embalagem de peças automotivas. Em seguida eles adaptaram o mapeamento para registrar o fluxo de material e energia que entra e sai em cada etapa do processo. O objetivo do trabalho foi avaliar o processo considerando custos, indicadores ambientais e energia. Neste trabalho foi avaliado o impacto ambiental do processo por meio da avaliação de ciclo de vida (*Life Cycle Assessment – LCA*) em conjunto com relatórios de consumo energético. Já a avaliação financeira de custos foi realizada por meio da contabilidade de custos.

Os autores brasileiros Torres e Gati (2009) apresentaram o mapeamento de fluxo de valor ambiental (*Environmental Value Stream Mapping- EVSM*) e aplicaram esta metodologia em uma usina de álcool e açúcar a fim de investigar o consumo de água no processo. A análise foi realizada em três processos: produção de açúcar, refinamento do açúcar e produção de álcool.

Torres e Gati (2009) distinguiram três medidas de consumo de água: água ativada, como sendo a quantidade de água que entra no processo; água usada, como sendo a quantidade de água que o processo necessita para funcionar, e água adicionada ao produto, como a quantidade de água que é agregada ao produto final. A partir destas três distinções, os autores propõem diferentes tipos de perdas: perda latente, perda real, perda intrínseca funcional e perda latente/real funcional. Esta classificação de perdas faz com que o método fique confuso.

Paju, et al. (2010), introduzem uma nova metodologia baseada no VSM, denominada como mapeamento de produção sustentável (*Sustainable Manufacturing Mapping – SMM*). O SMM tem como base o VSM, o LCA e a simulação de eventos discretos. Este trabalho apresenta todos os passos para a utilização do SMM, porém, não realiza aplicações.

Vinodh, Arvind e Somanaathan (2011) apresentam as possíveis estratégias para que empresas melhorem seu desempenho ambiental por meio de técnicas da manufatura enxuta. Dentre as possíveis estratégias eles citam a adaptação do VSM. Os autores apresentam a possibilidade de utilização de indicadores ambientais no VSM, porém não realizam uma aplicação.

Chiarini (2014) observou empresas europeias fabricantes de componentes para motocicletas a fim de verificar os benefícios ambientais de princípios, métodos e ferramentas da manufatura enxuta, dentre eles, o VSM ambiental, segundo a autora, todas as empresas observadas obtiveram sucesso na aplicação do método. Este trabalho avalia a eficácia do método VSM ambiental, porém não apresenta detalhes sobre os mesmos.

Jarebrant, et al. (2015) apresentam o método mapeamento de fluxo de valor ergonômico (*Ergonomics Value Stream Mapping - ErgoVSM*), que considera aspectos ergonômicos no operador durante o processo de produção, o foco do método é identificar riscos de desenvolvimento de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho. Estes autores afirmam que no VSM clássico, os seres humanos atuantes no processo produtivo são considerados somente em termos de número de operadores necessários em cada estágio da

produção.

Jarebrant, et al. (2015) aplicaram o método em empresas suecas, e afirmam que a aplicação do ErgoVSM foi mais demorada do que uma aplicação clássica de VSM. O Ergo VSM considera cinco aspectos: posturas de trabalho, forças, variação física, porosidade, definida como: proporção de tempo de trabalho que pode oferecer oportunidade de recuperação física, e o potencial de se atingir um estado futuro com boa ergonomia.

Faulkner e Badurdeen (2014) apresentam uma metodologia para adicionar indicadores de sustentabilidade ao VSM, o diferencial deste VSM, chamado por eles de mapeamento de fluxo de valor sustentável (*Sustainable Value Stream Mapping* - Sus-VSM) é a presença de dados que abrangem todo o conceito de sustentabilidade apresentado por Elkington (1998): rentabilidade, qualidade ambiental e justiça social.

O Sus-VSM é construído sobre o VSM tradicional para capturar aspectos de sustentabilidade no fluxo do produto. Esta capacidade de expor visualmente o desempenho ambiental e social aumenta a utilidade do VSM como uma ferramenta para a avaliação do sistema de produção pela perspectiva sustentável (FAULKNER e BADURDEEN, 2014).

Além de mapear os dados de produção, conforme o VSM tradicional apresentado por Rother e Shook (2003), o Sus-VSM agrega dados de consumo de água, consumo de energia, consumo de matéria prima e métricas sociais, sendo elas o índice de carga física (PLI) e a avaliação do ambiente por meio da avaliação de riscos elétricos, exposição a produtos químicos, sistemas pressurizados e componentes em alta velocidade.

Faulkner e Badurdeen (2014) apresentam uma aplicação do método em uma empresa fabricante de antenas parabólicas. Nesta aplicação os autores primeiramente realizaram as medições de tempos de produção e obtiveram dados de estoques, demandas, frequência de entregas e recebimentos. Posteriormente foi realizada a coleta de dados PLI, por meio de um questionário preenchido pelos operadores, e a medição do ruído no ambiente. As informações sobre os riscos ambientais foram fornecidas pelo gerente da qualidade.

Finalmente foram coletados os dados ambientais sendo que a matéria prima consumida foi medida ao se pesar as peças antes e depois de cada etapa produtiva, já a estimativa do consumo de água foi baseada na pressão de descarga da bomba. O consumo energético foi considerado como a energia consumida durante o processamento somada ao consumo energético entre as operações, que consiste na energia consumida para transporte e na energia consumida para aquecer ou resfriar o local de armazenamento do produto. O consumo energético indireto com iluminação não foi considerado.

Faulkner e Badurdeen (2014) apresentam o mapa atual do sistema de produção (Figura 2), porém, não são feitas sugestões para o estado futuro.

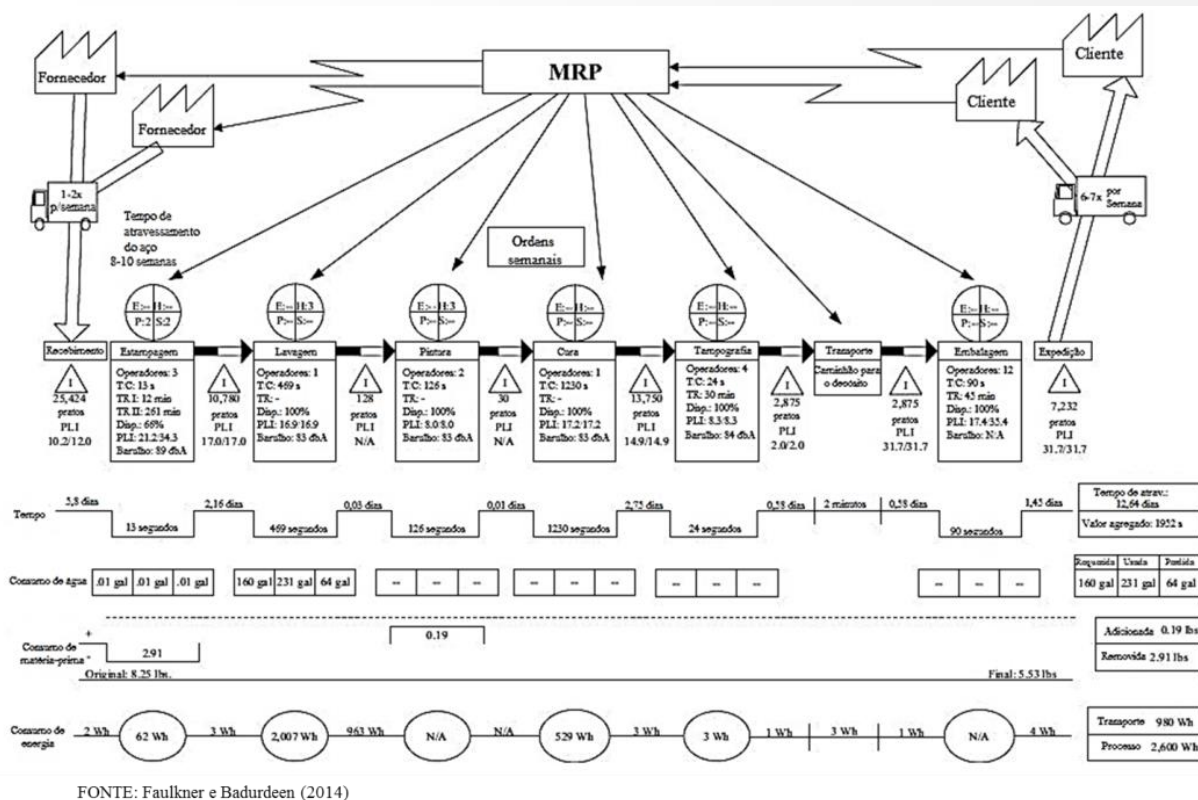


Figura 2 – Situação atual do sistema de produção

Já o trabalho de Brown, Amundson e Badurdeen (2014) foca na aplicação do método Sus-VSM em diferentes contextos de sistemas de manufatura, variando volume e variedade, a fim de testar sua versatilidade. Eles concluem que com o Sus-VSM é possível visualizar possíveis melhorias que englobam a sustentabilidade e que o método é válido em diferentes configurações de sistemas de produção.

Brown, Amundson e Badurdeen, (2014) afirmam que o Sus-VSM não pretende fornecer uma avaliação total de sustentabilidade, e sim identificar potenciais oportunidades de melhoria, além disso os autores alertam que ao decidir quais dados devem estar presente no Sus-VSM é importante observar que a inclusão de vários tipos de indicadores permite uma representação mais detalhada do sistema, porém, se muitos indicadores estiverem presentes haverá muita informação a ser processada, o que pode prejudicar a característica de fácil visualização de um VSM.

Sparks e Badurdeen (2014) combinam o Sus-VSM, apresentado por Faulkner e Badurdeen (2014) com simulação para avaliar o desempenho de uma cadeia de suprimentos.

Vinodh, Ben Ruben e Asokan (2015) utilizaram o MFV em conjunto com o LCA. Este trabalho, que é baseado na perspectiva do tripé da sustentabilidade, se diferencia por avaliar categorias de impacto ambiental, ou seja, após a identificação do desperdício ambiental, este é quantificado em quatro categorias de impacto: pegada de carbono, eutrofização da água, acidificação do ar e energia total consumida. Além disso, no trabalho de Vinodh, Ben Ruben e Asokan (2015), foram feitas considerações sobre o descarte do produto estudado após seu uso. Os autores realizaram um estudo de caso em uma empresa fabricante de peças automotivas na Índia.

Vinodh, Ben Ruben e Asokan (2015) quantificaram os consumos de matéria prima, energia, água e fluido refrigerante. O uso de matéria prima foi medido pesando as peças antes e depois de cada processo, a diferença de peso foi considerada como perda de material. Como

consumo energético foi considerado o consumo das máquinas durante o processo produtivo adicionado ao consumo energético para o transporte dos materiais entre os processos. Para a medição do consumo das máquinas foi utilizado um *display*, já para a medição do consumo durante o transporte não foi indicado no artigo o método utilizado. Os autores consideraram como desperdício de água, quando a mesma não é reaproveitada dentro do processo. A quantidade de fluido refrigerante foi medida pela quantidade de fluido que é foi abastecido nas máquinas.

O âmbito social do trabalho de Vinodh, Ben Ruben e Asokan (2015) segue a metodologia apresentada por Faulkner e Badurdeen (2014). O fator de barulho foi calculado considerando a intensidade e o tempo de exposição. A avaliação ergonômica dos operadores foi realizada por meio do PLI e risco potencial do ambiente de trabalho foi avaliado em cada etapa do processo, em que foram dadas notas de 1 a 5 para os riscos: elétricos, químicos, sistemas pressurizados e componentes a alta velocidade.

Como resultados, Vinodh, Ben Ruben e Asokan (2015) encontraram a etapa gargalo do processo e realizaram atividades de 5S, todo o processo foi balanceado e pequenos eventos *kaizen* foram realizados, além disso, a quantidade de material em processamento (WIP) foi diminuída.

Também foram realizadas ações para a diminuição do consumo de matéria-prima e foram alcançadas reduções de consumo energético com ações como, por exemplo: otimização de aspectos de alimentação e velocidade de máquinas e mudança de trifásica para monofásica nas máquinas lavadoras. Para reduzir o consumo de água, foram adotadas melhorias, como por exemplo, a instalação de níveis de controle e válvulas.

No âmbito social, após a avaliação das áreas que apresentam maiores riscos, os operadores foram instruídos a utilizar EPIs, além disso, cabos elétricos foram substituídos para minimizar os riscos elétricos e treinamentos de segurança foram periodicamente ministrados. Em relação ao PLI, foi detectado que o processo apresentava um nível de carga dentro do desejado, mesmo assim foi recomendado o uso de empilhadeiras para carregar e descarregar componentes e carrinhos de transporte foram sugeridos para o deslocamento de peças no processo. Os resultados dos indicadores de impacto ambiental apresentaram valores que se encaixam dentro dos limites permitidos e foi concluído que o descarte em aterro é a melhor forma para o produto.

A partir da avaliação dos 10 documentos que fizeram parte da RBS foram selecionados 8 para compor o quadro com os principais métodos e indicadores (Quadro 1).

Método	Indicador:	Autor
VSM adaptado	Consumo de matéria-prima Consumo de energia Custos	Lai et. al. (2008)
EVSM (<i>Environment Value Stream Mapping</i>)	Consumo de água Medidas de produção	Torres e Gati (2009)
SMM (<i>Sustainable Manufacturing Mapping</i>)	Consumo de energia Consumo de materiais Emissões (no ar, na água) Medidas de produção (tempo, quantidade) Logística (tipo de veículo, capacidade) Custos (matéria prima, energia, investimentos) Social (número de horas de trabalho, absenteísmo, número de reclamações de clientes)	Paju, et al. (2010)

Quadro 1 – Principais métodos e seus indicadores

Método	Indicador:	Autor
Sus-VSM (Sustainable Value Stream Mapping)	Consumo de água Consumo de matéria-prima Consumo de energia Ergonomia Física Riscos do ambiente de trabalho Medidas de produção	Faulkner e Badurdeen (2014) Brown, Amundson e Badurdeen, (2014)
Sus-VSM para cadeia de suprimentos	Consumo de água Consumo de matéria-prima Consumo de energia Emissões de gases do efeito estufa Taxa de defeito de produtos Proporção de contratações de pessoas da comunidade local Proporção de diversidade racial e de gênero Proporção de acidentes de trabalho Produtos perigosos Intensidade de treinamento dos colaboradores	Sparks e Badurdeen, (2014)
ErgoVSM	Posturas de trabalho Força/peso Variação física Porosidade Potencial ergonômico	Jarebrant, et al. (2015)
MFV integrado com LCA	Pegada de carbono Eutrofização da água Acidificação do ar Energia total consumida Custos Consumo de matéria prima Consumo de fluido refrigerante Carga física (PLI) Ruído Riscos ambientais Medidas de produção	Yinodh, Ben Ruben e Asokan (2015)

Quadro 1 – Principais métodos e seus indicadores

5. Conclusões

A revisão realizada neste artigo evidencia que há um crescente interesse por parte das indústrias na incorporação de conceitos de sustentabilidade na manufatura. A extensão ou adaptação do mapeamento de fluxo de valor se apresenta como um método eficaz na identificação de desperdícios que englobam os âmbitos econômico, ambiental e social.

Os trabalhos encontrados por meio da RBS foram publicados recentemente, o que comprova a relevância e atualidade do tema. Pode-se notar que os primeiros trabalhos realizados levavam em conta apenas os desperdícios ambientais, já os trabalhos a partir de 2010 incorporam o conceito de desperdício social, tema que vem ganhando espaço no ambiente de manufatura e que foi explorado pelo trabalho de Jarebrant, et al. (2015).

Os trabalhos de Faulkner e Badurdeen (2014), Brown, Amundson e Badurdeen, (2014) e Vinodh, Ben Ruben e Asokan (2015) são os mais completos por considerarem indicadores que abrangem o tripé da sustentabilidade como um todo.

Referências

BIOLCHINI, J.; MIAN, P. G.; NATALI, A. C. C.. *Systematic Review in Software Engineering*. Programa de Engenharia de Sistemas e Computação. Rio de Janeiro, 2005.

BROWN, A.; AMUNDSON, J.; BADURDEEN, F. *Sustainable value stream mapping (Sus-VSM) in different manufacturing system configurations: application case studies*. Journal of Cleaner Production. 2014.

CHIARINI, ANDREA. *Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers*. Journal of Cleaner Production, vol. 85, p 226-233, 2014.

COSTAS, R. *Que setores deverão demitir em 2015?*. BBC BRASIL, São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2015/02/150130_setores_demissoes_ru> Acesso em 10 de 03 de 2015.

ELKINGTON, J. *Cannibals with Forks: The triple bottom Line of 21st Century Business*. 1998.

FAULKNER, W.; BADURDEEN, F. *Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance*. Journal of Cleaner Production. 2014.

JAREBRANT, C., et al. *ErgoVSM: A Tool for Integrating Value Stream Mapping and Ergonomics in Manufacturing*. Human Factors and Ergonomics In Manufacturing. 2015.

KITCHENHAM, B. *Procedures for Performing Systematic Reviews*. Joint Technical Report, Software Engineering Group, Keele University and Empirical Software Eng., Nat'l ICT Australia, 2004.

LAGUNA, E. *Produção de Veículos até maio é a menor em oito anos, aponta Anfavea*. VALOR ECONÔMICO, 2015. Acesso em 08 de 06 de 2015, disponível em: < <http://www.valor.com.br/empresas/4084060/producao-de-veiculos-ate-maio-e-menor-em-oito-anos-aponta-anfavea>>.

LAI, JIN; HARJATI, AL; MCGINNIS, LEON; ZHOU, CHEN; GULDBERG, TINA *An economic and environmental framework for analyzing globally sourced auto parts packaging system*. Journal of Cleaner Production. Vol. 16, p 1632-1646, 2008.

NEDER, V. *Tarifa de energia para a indústria sobe em média 23,4%*. EXAME, 2015. Acesso em 10 de 03 de 2015, disponível em: <<http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/tarifa-de-energia-para-a-industria-sobe-em-media-23-4>>

PAJU, M.; HEIALALA, J.; HENTULA, M.; HEIKKILÄ, A.; JOHANSSON, B. *Framework and indicators for a sustainable manufacturing mapping methodology*. Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference. 2010.

ROTHER, M.; SHOOK, J. *Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício*. São Paulo: LEAN INSTITUTE BRASIL. 2003.

SEBRAE-SP. *Indicadores SEBRAE-SP - pesquisa de Conjuntura*. Acesso em 08 de 06 de 2015, disponível em: <http://www.sebraesp.com.br/arquivos_site/biblioteca/EstudosPesquisas/indicadores/indicadores_mai_15.pdf>

SPARKS, D.; BADURDEEN, F. *Combining Sustainable Value Stream Mapping and Simulation to Assess Supply Chain Performance*. Industrial and Systems Engineering Research Conference. 2014.

THE US DEPARTMENT OF COMMERCE. *The International Trade Administration and The U.S. Department of Commerce's definition for Sustainable Manufacturing*. Acesso em 08 de 06 de 2015, disponível em: <http://www.trade.gov/competitiveness/sustainablemanufacturing/how_doc_defines_SM.asp>

TORRES JR, A. S.; GATI, A. M. *Environmental Value Stream Mapping (EVSM) as Sustainability Management Tool*. Portland International Center for Management of Engineering and Technology (PICMET). 2009.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. *Lean Manufacturing and Environment: Toolkits*. 2007 Disponível em: <<http://www.epa.gov/lean/environment/toolkits/environment/index.htm>>. Acesso em 27 de 01 de 2015.

VINODH, S.; ARVIND, K. R.; SOMANAATHAN, M. *Tools and techniques for enabling sustainability through lean initiatives*. Clean Technologies and Environmental Policy, vol. 13, p 469-479, 2011.

VINODH, S.; BEN RUBEN, R.; ASOKAN, P. *Life cycle assessment integrated value stream mapping framework to ensure sustainable manufacturing: a case study*. Clean Technologies and Environmental Policy, 2015.