



HÁ SINERGIA ENTRE O SISTEMA LEAN MANUFACTURING E A GESTÃO AMBIENTAL? MAPEANDO O ESTADO DA ARTE

IS THERE ANY SYNERGY BETWEEN LEAN MANUFACTURING AND GREEN MANAGEMENT? MAPPING THE STATE-OF-THE-ART

Marco Antonio Ferreira^{ab}; Renê de Oliveira Joaquim dos Santos^b; Nelson Oliveira Stefanelli^b; Charbel José Chiappetta Jabbour^{bc}

^a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Londrina, PR, Brasil – Departamento de Engenharia de Produção

^b Universidade de São Paulo (USP) - Ribeirão Preto, SP, Brasil – Programa de Pós-Graduação em Administração de Organizações

^c Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Bauru, SP, Brasil – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção

Resumo

Nas últimas décadas, dois temas de pesquisa têm se destacado no cenário acadêmico e organizacional: lean manufacturing e gestão ambiental. Desde 1996, quando Florida (1996) publicou um artigo enfocando a sinergia entre as duas áreas, o debate sobre o tema “Lean é Green?” ganhou espaço no âmbito acadêmico. É neste contexto que se pretende identificar: qual o estado da arte da literatura Lean é Green? Os resultados encontrados estão divididos em: características, impactos positivos e negativos, paradigmas lean, paradigmas green e design da cadeia. Para a realização de tal procedimento, foram seguidos os passos metodológicos de Lage Junior et Godinho Filho (2010) tendo sido pesquisados os trabalhos contidos no portal Scopus. A pesquisa foi realizada entre 01-06-2012 e 15-07-2012, e a palavra chave utilizada foi green lean; como filtro de pesquisa foram considerados apenas artigos e papers de conferência. O seu principal resultado é uma análise aprofundada do conhecimento acumulado sobre o tema, em que foi identificado que a maioria dos estudos realizados apontam para a sinergia entre alguns componentes do sistema lean manufacturing em relação à gestão ambiental. Já a lacuna de pesquisa encontrada refere-se a artigos que enfocam as entropias da união dos sistemas lean e green.

Palavras-chave: Lean manufacturing, gestão ambiental e sistematização.

Abstract

In recent decades, two research themes have been prominent in the academic and organizational setting: lean manufacturing and green management. Since 1996, when Florida (1996) wrote an article focusing on the synergy between these two areas, the debate if “Lean is Green?” enters in the academic field. It is in this context that this research presents the results of a systematic literature on the topic, focusing on the characteristics, positive and negative impacts, lean paradigms, green paradigms and design of supply chains. To perform this procedure it were followed the methodological footsteps of Lage Junior and Godinho Filho (2010). The research occurred in the database Scopus and it was conducted from June, 2012 to July, 2012. The key word used was “green lean” and as search filter it were included only articles and conference Papers. Their main result is a deep analysis of the accumulated knowledge on the subject, where it is revealed that the majority of studies point to the synergy between some components of the lean manufacturing system in relation to environmental management. The research gap found is related to articles that address the entropy of the union of lean and green systems.

Keywords: Lean manufacturing, green management, lean production and systematization.

1. INTRODUÇÃO

Duas temáticas ganharam significativa importância no meio acadêmico e empresarial nas últimas décadas. São elas: *lean manufacturing*, definida como uma abordagem

multidimensional que abrange uma grande variedade de práticas de gestão, incluindo *just-in-time*, sistemas de qualidade, equipes de trabalho, manufatura celular, gestão de fornecedores etc, em um sistema de gestão integrado. O núcleo do sistema *lean manufacturing* é compreendido por essas práticas, que devem trabalhar com sinergia criando um sistema simples, o qual envolve alta qualidade de



produtos acabados, produzidos ao ritmo da demanda do cliente com a geração de poucos resíduos (SHAH; WARD, 2003); a segunda temática é o *green management*, definido como: a integração das considerações ambientais na cadeia de suprimentos, incluindo *design* de produto, seleção e terceirização de fornecedores, processos de fabricação, entrega do produto final aos consumidores, bem como o fim da vida do produto e gestão do produto pós consumo (SRIVASTAVA, 2007).

Com o eminente sucesso dos dois temas, a busca pela sua união é lógica. Assim, em 1996, Florida publica um artigo intitulado *Lean and green: The move to environmentally conscious manufacturing* em que ele propõe a discussão dessa temática, enfatizando como os conceitos de *lean manufacturing* podem ser utilizados na gestão ambiental. Esse artigo pode ser considerado um marco para o tema de pesquisa *lean é green?*, pois pela primeira vez um pesquisador descreve de forma articulada aspectos inerentes a paradigmas *lean manufacturing* e sua utilização na gestão ambiental. Após 18 anos de pesquisas realizadas na área, surge a seguinte questão de pesquisa, qual o estado da arte da literatura acerca do tema *lean manufacturing é green?*

Para elucidar tal questão, será realizada uma sistematização da literatura sobre o tema *green management* e *lean manufacturing*. Portanto, esse artigo tem como objetivo identificar qual é o estado da arte da literatura sobre a temática proposta. Como resultados adicionais, pretende-se identificar lacunas teóricas vislumbrando oportunidades para futuras pesquisas.

O primeiro tópico a ser apresentado é a proposta metodológica, em que também são apresentadas as bases teóricas para a realização da sistematização, o segundo tópico apresentado é a revisão da literatura acerca da temática, posteriormente é realizada a sistematização da literatura, na qual o leitor pode encontrar a evolução das pesquisas na área e, por fim, o quarto tópico, em que são apresentadas as principais conclusões e temas para futuras pesquisas.

2. METODOLOGIA

Esse trabalho seguiu os procedimentos metodológicos apresentados por Lage Junior et Godinho Filho (2010) adaptados às demandas inerentes ao artigo, propondo, desta forma, uma sistemática para o trabalho, sendo essa dividida em seis passos:

Passo 1: Realização de um levantamento bibliográfico sobre os artigos com a temática *green lean*, valendo-se da consulta à base de dados *Scopus*. A palavra-chave utilizada foi: *Green Lean*, tendo sido formado um banco de dados contendo 93 trabalhos. A pesquisa foi iniciada em 01-06-2012 e encerrada dia 15-07-2012. Após a leitura do resumo dos artigos e *Papers* de conferência, foram excluídos os trabalhos que não tinham relação ao escopo desse artigo. Também foram desconsideradas as áreas: química, engenharia de materiais, medicina, física, veterinária e agricultura. Assim, para efeito dessa sistematização, foram considerados 48 artigos e *Papers* de conferência.

A utilização da base de dados *Scopus* como única fonte de pesquisa se deve ao fato da mesma possuir maior abrangência que a *Web of Science*.

Passo 2: Proposição de uma sistemática para a classificação da literatura, contendo cinco parâmetros: título, ano da publicação, periódico publicado, número de citações na base de dados *Scopus*, JCR do periódico.

Passo 3: Classificação da literatura sobre *green management* e *lean manufacturing*.

Passo 4: Classificação dos artigos segundo o modelo de paradigmas apresentados por Dües et al. (2011) e segundo o modelo de classificação de *green supply chain management* adotado por Srivastava (2007), classificando a literatura sob qual o principal enfoque do trabalho.

Passo 5: Estruturação da revisão da literatura.

Passo 6: Análise do tema. As saídas da sistematização são um maior conhecimento do tema, a visualização da evolução das pesquisas e a seleção dos melhores trabalhos para a revisão da literatura.

2.1 Bases literárias para a sistematização

Os autores Dües et al. (2011) realizaram uma pesquisa enfatizando o sistema *lean manufacturing* e suas correlações com o sistema de gestão ambiental apontando quais são as áreas divergentes e quais são as áreas com convergências entre os sistemas. Assim, os autores tentam delinear um caminho para a discussão proposta por Florida (1996) em seu artigo denominado *Lean and green: The move to environmentally conscious manufacturing*, no qual é realizada, de forma pioneira, a descrição dos pontos convergentes existentes para a adoção de práticas *lean manufacturing* e a diminuição dos impactos ambientais oriundos de atividades industriais.

O artigo *Green as the new Lean: how to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain* dos



autores Dües *et al.* (2011) insere uma análise inovadora à questão, classificando-a e conceituando-a em paradigmas *lean manufacturing* e em paradigmas de gestão ambiental, identificando paradigmas que geram entropias ou sinergias

geradas pela união dos sistemas *lean* e *green*. Tal constatação foi realizada através da análise da literatura acerca do tema. A Figura 1 a seguir mostra a classificação dos paradigmas realizada pelos autores Dües *et al.* (2011).

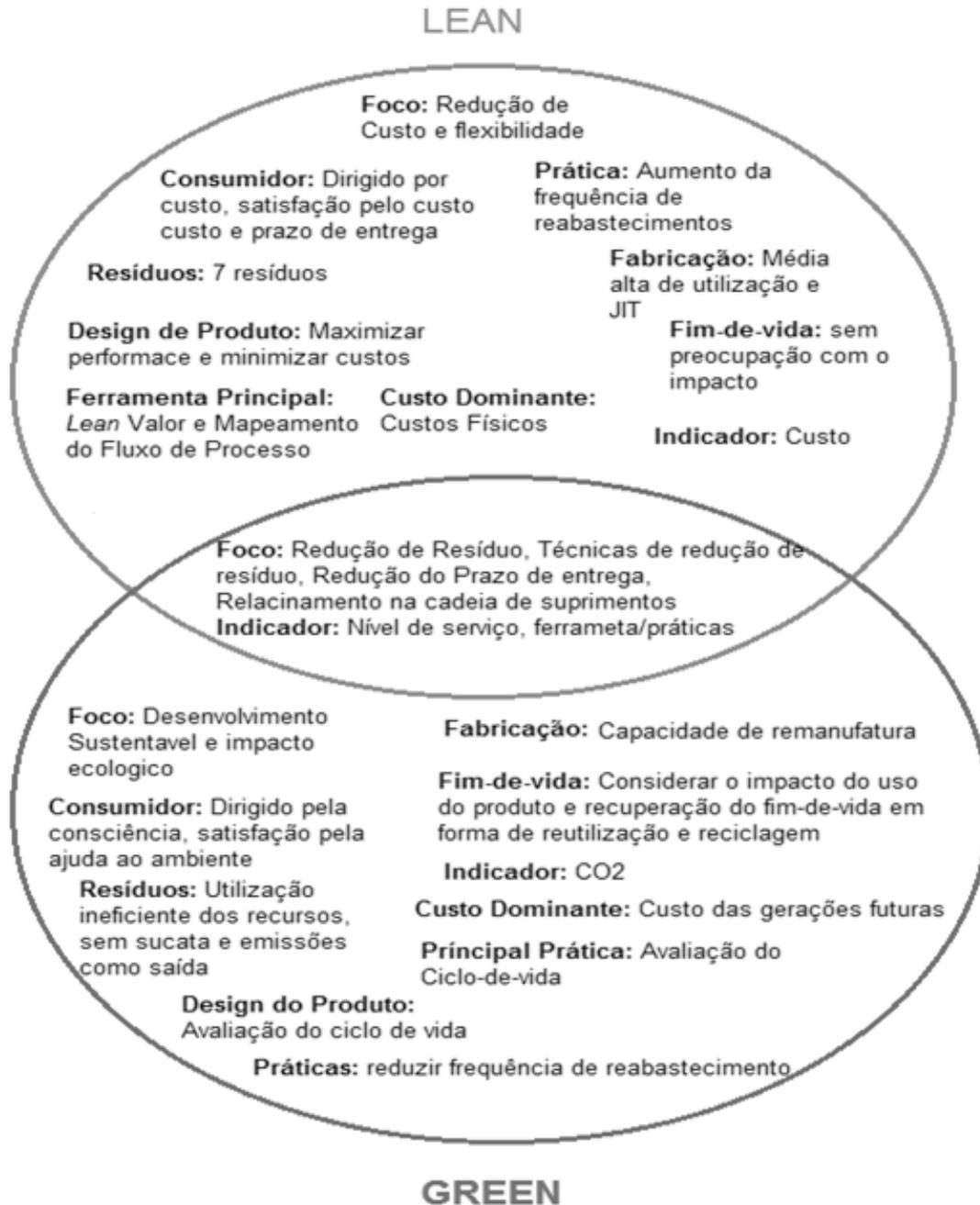


Figura 1. Paradigmas *lean and green*

Fonte: Dües *et al.* (2011)

Na síntese apresentada na Figura 1, são expostos os pontos convergentes e divergentes dos sistemas *lean* e *green*. Os pontos divergentes foram classificados em função dos seguintes paradigmas: foco, consumidor, resíduos, design do produto, ferramenta principal, custo dominante,

indicador, fim de vida, fabricação e práticas. Dentre os vários paradigmas divergentes entre os sistemas *lean* e *green*, foram encontrados paradigmas que continham intersecções ou geravam sinergias, sendo eles: foco e indicador. Aqui, o paradigma foco que gera sinergia será



utilizado para a classificação da literatura, estando dividido em: Foco na redução de resíduos; Técnicas de redução de resíduos; Organização e pessoas; Redução de lead time; Relacionamento na cadeia de suprimentos; Nível de serviço; e Ferramentas práticas.

Estando descrita a forma de classificação a ser adotada acerca dos paradigmas, faz-se necessária a construção de modelo teórico para a realização da sistematização. O modelo consagrado apresentado por Srivastava (2007) traz

uma sistematização da literatura sobre *green supply chain management* classificando os artigos segundo a importância do sistema.

Com base nesses modelos e tendo por motivação sistematizar os trabalhos sobre a literatura da temática *lean manufacturing é green?* bem como apontar as sinergias e entropias das duas temáticas, propõe-se o seguinte modelo de classificação para a sistematização da literatura que versa sobre *lean manufacturing é green?*

Classificação	Termo	Códigos
1	Enfoque	A – Sinergias B – Entropias
2	Paradigma <i>lean é green?</i>	A – Foco na redução de resíduos, B – Técnicas de redução de resíduos C – Organização e pessoas D – Redução de <i>lead time</i> E – Relacionamento na cadeia de suprimentos F – Nível de serviço G – Ferramentas práticas
3	Enlace com o GSCM	A – <i>Green design</i> B – Operações <i>green</i>

Quadro 1. Modelo de classificação da literatura adaptado de Srivastava (2007) e Dües *et al.* (2011)

Fonte: O(s) próprios(s) autor(es). (2015)

Seguindo o modelo apresentado, os trabalhos serão classificados em: Energia: sinergias e entropias, paradigma *lean* ou *green*, foco na redução de resíduos, técnicas de redução de resíduos, organização e pessoas, redução de *lead time*, relacionamento na cadeia de suprimentos, nível de serviço e ferramentas práticas. E GSCM em *green desing* e *green operations*.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Nesse tópico, serão apresentados os resultados da sistematização da literatura sobre *green* e *lean manufacturing*

3.1 Estado da arte sobre *lean manufacturing é green?*

A primeira análise realizada busca inferir quais são os trabalhos com maior significância científica sobre a temática proposta. Para tanto, serão apresentados na Tabela 1 os artigos contidos nessa sistematização contendo as seguintes informações: título, *Journal/conferência*, autores, JCR, Ano, Número de citações no *Scopus*, aspectos positivos ou negativos, a qual paradigma *lean* estavam ligados e a qual paradigma GSCM estavam ligados. Os artigos estão ordenados de forma decrescente seguindo o número de citações contidas na base de dados *Scopus*.

Journal/conferência	Autores	JCR	Ano	Nº cit. Scopus	Enfoque	Paradigma <i>lean</i> ou <i>green</i>	Enlace com o GSCM
<i>California Management Review</i>	Florida	1,667	1996	179	1 - A	(--)	(--)
<i>Journal of Operations Management</i>	Zhu <i>et Sarkis</i>	4,382	2004	175	1 - B	2 – E	(--)
<i>Production and Operations Management</i>	King <i>et Lenox</i>	1,301	2001	122	1 - A	(--)	(--)
<i>Production and Operations Management</i>	Rothenberg <i>et al.</i>	1,301	2001	61	1 - A	(--)	(--)
<i>International Journal of Production Economics</i>	Yasutaka <i>et Nobuhiko</i>	1,76	2006	50	(--)	(--)	3 – A
<i>Supply Chain Management: An International Journal</i>	Dayna <i>et Damien</i>	(--)	2005	47	(--)	2 – E	3 – B



<i>Manufacturing & Service Operations Management</i>	Charles et Robert	(--)	2006	44	(--)	2 - F	3 - B
<i>Int. J. Production Economics</i>	Chung et Wee	1,76	2008	32	(--)	2 - E	3 - A/3 - B
<i>Computers and Industrial Engineering</i>	Rubio et Corominas	(--)	2008	25	(--)	(--)	3 - B
<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>	Chua et al.	0,818	2003	18	(--)	(--)	3 - B
<i>International Journal of Production Research</i>	Chan et Kumar	1,115	2009	16	(--)	(--)	3 - B
<i>Wood and Fiber Science</i>	Grichecky et. al	0,722	2006	10	1 - B	(--)	(--)
<i>International Journal of Production Research</i>	Wee et Chung	1,115	2009	9	(--)	(--)	3 - B
<i>Knowledge and Information Systems</i>	Srinivasan	2,225	2007	5	(--)	(--)	3 - B
<i>Expert Systems with Applications</i>	Lee et al.	2,203	2011	5	(--)	(--)	3 - B
<i>Journal of Industrial Engineering and Management</i>	Miller et al.	(--)	2010	5	1 - A	(--)	(--)
<i>International Journal of Production Research</i>	Akçalı et Çetinkaya	1,115	2011	3	(--)	(--)	3 - B
<i>Construction Management and Economics</i>	Polat et al.	(--)	2006	3	(--)	2 - B	(--)
<i>Engineering and Technology</i>	Farish	(--)	2009	3	1 - A	(--)	(--)
<i>Canadian Journal of Forest Research</i>	DeLong et al.	1,685	2007	2	(--)	(--)	3 - B
<i>Assembly Automation</i>	Chen et al.	0,584	2010	2	(--)	(--)	3 - B
<i>Lean application in organizing a manufacturing cell</i>	Badar et Johnston	(--)	2004	2	(--)	2 - B	(--)
<i>Winter Simulation Conference</i>	Johansson et al.	(--)	2010	2	1 - A	(--)	3 - A
<i>Environmental Progress</i>	Vijayan et al.	1,649	2006	1	1 - A	(--)	(--)
<i>Journal of Scientific & Industrial Research</i>	Chacrabort et al.	0,587	2005	1	(--)	(--)	3 - A
<i>Journal of Ship Production</i>	Wallen et Wilson	(--)	2003	1	(--)	(--)	3 - B
<i>Managerial Auditing Journal</i>	Agbejule et Burrowes	(--)	2007	1	1 - A	(--)	(--)
<i>One of the focuses of Lean construction</i>	Nahamens	(--)	2009	1	1 - A	2 - B	(--)
<i>Proceedings of the 2010 Construction Research Congress</i>	Enache-Pommer et al.	(--)	2010	1	(--)	(--)	(--)
<i>Journal of Cleaner Production</i>	Dües et al.	2,727	2012	(--)	1 - A	2 - A/2 - B/2 - C/2 - D/ 2 - E/2 - F/2 - G	3 - A/3 - B
<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>	Swarup et al.	0,818	2011	(--)	(--)	(--)	3 - B
<i>Journal of Aircraft</i>	John et Russell	0,538	2004	(--)	(--)	(--)	3 - A/3 - B
<i>Computer Aided Chemical Engineering</i>	Sundaramoorthy et al.	(--)	2006	(--)	(--)	(--)	3 - B
<i>Lean Manufacturing cell</i>	Badar	(--)	2006	(--)	1 - A	2 - B	3 - B
<i>American Society for Engineering Education</i>	Whitman et al.	(--)	2008	(--)	1 - A	(--)	(--)
<i>Gestão e Produção</i>	De Mesquita et De Castro	(--)	2008	(--)	(--)	(--)	(--)



<i>Composites Word</i>	Malnati	(--)	2009	(--)	(--)	(--)	3 – B
<i>American Society for Engineering Education</i>	Whitman <i>et. al</i>	(--)	2009	(--)	1 – A	(--)	(--)
<i>Extile Rental</i>	Kwasnic	(--)	2009	(--)	(--)	(--)	3 – B
<i>The Public Research University of NJ</i>	Ranny	(--)	2010	(--)	(--)	(--)	3 - A/3 - B
<i>International Conference on Automation Science and Engineering</i>	Mashaei <i>et al.</i>	(--)	2011	(--)	1 – A	(--)	(--)
<i>The Minerals, Metals & Materials Society</i>	Whitman <i>et al.</i>	(--)	2011	(--)	1 – A	(--)	3 – A
<i>Green Technology and Environmental Conservation</i>	Parveen <i>et al.</i>	(--)	2011	(--)	1 – A	2 – G	3 – B
<i>Medical Device and Diagnostic Industry News Products and Suppliers</i>	Gingerich	(--)	2011	(--)	(--)	(--)	3 – B
<i>Business and Society Review</i>	Mefford	(--)	2011	(--)	1 – A	(--)	3 – B
<i>Magnesium Technology</i>	D'Errico <i>et al.</i>	(--)	2011	(--)	(--)	(--)	3 – B
<i>China Foundry</i>	Torielli <i>et al.</i>	(--)	2010	(--)	1 – A	2 – G	3 – B
<i>Public Works Management Policy</i>	Miller <i>et Sarder</i>	(--)	2012	(--)	(--)	(--)	3 – B

Quadro 2. Sistematização sobre o estado da arte do tema *green* ou *lean manufacturing*

Fonte: O(s) próprios(s) autor(es) (2015)

Os cinco artigos mais citados na base de dados *Scopus* são: Florida (1996), com 179 citações, Zhu *et Sarkis* (2004), com 175 citações, King *et Lenox* (2001), com 122 citações, Rothenberg *et al.* (2001), com 61 citações e Yasutaka *et Nobuhiko* (2006), com 50 citações. Um fato a ser evidenciado é que o trabalho mais citado foi publicado em um periódico que não possui JCR. Porém o número relativamente alto de citações revela o significativo interesse pelo tema.

Também cabe a ressalva: apenas os autores Whitman *et Twomey* (2008 e 2009) possuem dois trabalhos publicados sobre a temática. Fato esse que pode evidenciar a descontinuidade dessa linha de pesquisa por parte dos autores, ao menos até a data da presente pesquisa.

Os trabalhos com maior fator de impacto 2012 são: Zhu *et Sarkis* (2004), com fator JCR de 4,382, Yasutaka *et Nobuhiko* (2006), com JCR de 1,760, Chung *et Wee* (2008), com JCR 1,760, Vijayan *et al.* (2006), com JCR 1649, Florida (1996), com JCR 1,667, King *et Lenox* (2001), com JCR 1,301 e Rothenberg *et al.* (2001), com JCR 1,301. Esses podem ser considerados os melhores artigos da área.

Os periódicos que mais publicaram trabalhos na área são: *American Society for Engineering Education* e *International journal of produvtion economics*, com dois artigos publicados cada. Já o periódico com maior fator de impacto a publicar um trabalho sobre a temática foi o *Journal of Operations Management*, com JCR 4,382 em (2004) seguido pelo *Journal of Cleaner Production*, com JCR 2,727 em (2012). Esse fato demonstra que o tema de pesquisa é novo e possui trabalhos publicados, porém ganhando importância, conforme pode ser constatado pelo gráfico a seguir:

Pode-se notar claramente que, a partir de 2006, o número de trabalhos vem aumentando significativamente, sendo que em 2011 foram publicados 8 trabalhos e até o período da pesquisa haviam sido publicados 2 trabalhos em 2012. Devido a essa evolução, faz-se necessária uma sistematização dos conceitos existentes na literatura sobre o tema *green* ou *lean manufacturing* para uma padronização dos conceitos, bem como sua subdivisão em áreas de pesquisa.

Tendo sido identificados dados quantitativos, passar-se-á a delinear a sistematização a fim de verificar quais são os resultados dos artigos que compõem o banco de dados formado nesse trabalho e também buscar identificar possíveis lacunas científicas.

3.2 Enfoque

Do total de artigos contidos na sistematização, 42% deles foram classificados em relação ao termo enfoque. Para efeito de análise, serão analisados primeiramente os trabalhos que tinham como seu enfoque principal sinergias (enfoque positivo) entre o sistema *lean* e o sistema *green*; posteriormente, serão analisados os trabalhos que apresentam as entropias existentes entre os sistemas *lean* e *green*.

3.2.1 Enfoque positivo

Na sistematização da literatura, 90% dos artigos relatavam sinergias dos sistemas *lean manufacturing* e *green*, o que



revela o interesse por parte dos pesquisadores em encontrar aspectos positivos da possível união dos sistemas *lean* e *green*. Os principais resultados sobre as possíveis sinergias entre os sistemas estão contidos nos seguintes autores:

Florida (1996), que é o primeiro autor a sugerir que os modernos sistemas de manufatura como o *lean manufacturing* poderiam auxiliar no processo de redução da poluição gerada pelas indústrias americanas. Ele classifica o *lean manufacturing* como um ótimo exemplo de uma tecnologia inovadora do processo produtivo e descreve como ele poderia auxiliar no processo de redução de emissões de poluentes. King et Lenox (2001), Vijayan et al. (2006), Rothenberg et al. (2001) e Mashaei et al. (2011) confirmam o estudo de Florida (1996) ao afirmar que *lean* é *green*, ou seja, que a manufatura enxuta reduz significativamente os custos com a redução da poluição e que, se adotada em conjunto com outras práticas, como os sistemas de gestão da qualidade ISO 9001 e ISO 14001, gera um efeito significativo na redução da poluição e nos custos dessa redução (Miller et al., 2010).

A união dos sistemas também é proposta por Johansson et al. (2010), com a integração do *green* à ferramenta do *lean manufacturing* mapeamento de fluxo de valor.

Dües et al. (2012) colaboram o tema ao sintetizar os paradigmas existentes sobre gestão ambiental e *lean manufacturing* e identificam quais seriam os paradigmas convergentes dos dois sistemas de gestão, sendo eles:

- Foco na redução de resíduos;
- Técnicas de redução de resíduos;
- Organização e pessoas;
- Redução de lead time;
- Relacionamento na cadeia de suprimentos;
- Nível de serviço; e
- Ferramentas práticas.

Os autores Agbejule et Burrowes (2007), Farish (2009), Nahmens (2009) Whitman et al. (2008), Whitman et al. (2009), Pires et al. (2011), Parveen et al. (2011), Mefford (2011) e Torielli et al. (2012) foram excluídos da análise por não possuírem como foco principal de seus artigos os resultados da sinergia *lean* e *green*. Ou por estarem contemplados no trabalho de Dües et al. (2012).

3.2.2 Enfoque negativo

Uma lacuna de pesquisa surge pela análise dos trabalhos sobre o enfoque predominante nas pesquisas, visto que apenas 10% dos artigos enfocavam aspectos negativos da união dos sistemas *lean* e *green*, isso somado ao fato do artigo escrito por Zhu et Sarkis (2004), que possui 175

citações na base de dados *Scopus*. Assim, pode-se afirmar que existe uma lacuna de pesquisa ligada ao enfoque negativo, ou seja, da descrição e análise das entropias geradas pela união dos sistemas.

Assim, o estudo de Zhu et Sarkis (2004) será aqui apresentado: o artigo tem como foco organizações chinesas e descreve a relação entre as práticas de *green supply chain management* (GSCM), sendo essas práticas de gestão ambiental internas, práticas de *green supply chain* externas, retorno de investimento e *eco-design*, relacionando-as a dois fatores moderadores, sendo eles: *just in time* e gestão da qualidade. Por fim, verifica a relação desses fatores moderadores e práticas com a performance organizacional, etapa que esta é subdividida em performance ambiental e econômica positiva ou negativa. Assim, os autores obtiveram, pelo estudo das práticas de GSCM em relação aos fatores descritos, os seguintes resultados:

(1) práticas de GSCM tendem a ter relacionamentos ganha-ganha em termos de desempenho ambiental e econômico;

(2) gestão da qualidade foi um moderador positivo na medida em que esses programas de qualidade, juntamente com práticas GSCM, melhoram o desempenho, especialmente se forem ligadas a práticas de GSCM externas e a programas internos de gestão. As organizações deveriam considerar seriamente a implementação de práticas GSCM, podendo se beneficiar muito se fossem introduzidas em conjunto com práticas de gestão da qualidade;

(3) programas internos de JIT em conjunto com práticas de gestão ambiental podem causar declínio no desempenho ambiental, gerando cuidados, a partir de uma perspectiva ambiental. Deve-se, portanto, tomar cuidado ao implementar programas GSCM em organizações que possuam filosofias de JIT já implantadas em seus sistemas de manufatura.

Essa última afirmação vem a contrapor os resultados evidenciados por Florida (1996) e pode ser considerada uma lacuna de pesquisa.

Já Grushecky et al. (2006) colaboram com a literatura afirmando que a pulverização do mercado de fornecedores e a distância dos mesmos pode ser um fator limitante para a implantação do *lean manufacturing*, situação essa que não ocorre normalmente na cadeia de suprimentos automobilística, em que os fornecedores normalmente se localizam próximos à indústria base. Esse fator pode dificultar tanto a aplicação do *lean manufacturing* quanto o *green supply chain management*, uma vez que em estando distantes de seus clientes e com a adoção da filosofia *lean manufacturing*, os mesmos teriam de percorrer maiores distâncias emitindo, por consequência, mais poluentes.



3.3 Paradigma *Lean manufacturing* é *green*?

Do total de artigos contidos nessa sistematização, apenas 22% tinham como enfoque principal o paradigma *lean manufacturing* é *green*?, fato que também abre esse tema como uma lacuna de pesquisa.

3.3.1 Redução da poluição e técnicas de redução da poluição

Do total de artigos que enfocavam o paradigma *lean manufacturing* é *green*?, 36% tinham como enfoque o paradigma redução da poluição e técnicas de redução da poluição. Uma vez que essa é a principal constatação de Florida (1996), o tema pode ser alvo de um número maior de pesquisas. As principais considerações deles sobre o tema são:

A demonstração de que uma das técnicas da filosofia *lean manufacturing* que poderia ser aplicada à gestão ambiental seria o sistema 5's (*seiri* ou utilização, *seiton* ou organização, *seiso* ou limpeza, *seiketsu* ou saúde e higiene, e *shitsuke* ou auto disciplina). Esse sistema visava organizar e manter o ambiente limpo, contando com a participação das pessoas para que isso ocorresse. Esses fatores ajudam na redução de desperdícios e, por consequência, na redução da geração de resíduos. Badar *et Johnston* (2004) e Badar (2006) constatam e afirmam que as organizações inseriram um sexto senso, sendo o senso *sustain* ou sustentabilidade. Esse acréscimo faz com que as organizações tenham de inserir em seus programas de 5's a questão da sustentabilidade e, por consequência, renomeia o programa agora denominado 6's, mais direcionado para a questão ambiental.

Nahmens (2009) estuda a aplicação das técnicas *lean manufacturing* na construção civil e afirma que um dos subprodutos dessa aplicação é a redução de desperdícios, fator esse que vai ao encontro do objetivo das técnicas de construção verdes. Para isso, realiza um estudo de caso com 10% de redução no uso da matéria-prima, sendo que esse processo pode ser aumentado com a utilização do *kaizen*, comprovando com isso que o *lean* é *green*.

3.3.2 Relacionamento na cadeia de suprimentos

Do total de artigos que enfocavam os paradigmas *lean manufacturing* é *green*?, 36% tinham como enfoque o paradigma relacionamento na cadeia de suprimentos. As principais considerações deles sobre o tema são:

As relações entre compradores e fornecedores podem afetar de forma substancial a sustentabilidade dos produtos e serviços. Quando um comprador decide incorporar o desempenho ambiental aos critérios para avaliar o fornecedor, surge uma série de questões complexas, envolvendo maiores custos de transação e avaliação da eficácia do comprador. Além disso, o desenvolvimento

do fornecedor envolve recursos financeiros e recursos humanos para realizar esse procedimento (Dayna *et Damien*, 2005). Com base nesse estudo, os autores formulam quatro hipóteses, sendo elas:

- H1: o desempenho *lean* do fornecedor está relacionado positivamente com o desempenho das práticas ambientais do mesmo.
- H2: o nível de envolvimento do cliente impacta positivamente no desempenho *lean* do fornecedor e está ligado positivamente ao desempenho ambiental do fornecedor;
- H3: relações puramente comerciais entre clientes e fornecedores está relacionada negativamente ao desempenho *lean* e ambiental do fornecedor;
- H4: a relação cliente e fornecedor está relacionada positivamente ao desempenho *lean* e de gestão ambiental da empresa fornecedora (Dayna *et Damien*, 2005).

Zhu *et Sarkis* (2004) avaliaram o relacionamento entre práticas operacionais, desempenho econômico e ambiental e práticas de GSCM. A análise foi feita junto a organizações chinesas através de estudantes de MBA. Para a realização dessa análise, foram formuladas 7 hipóteses, sendo elas:

1. Empresas com maiores níveis de aplicação de práticas de GSCM têm melhorias de desempenho ambiental;
2. Empresas com maiores níveis de aplicação de práticas de GSCM têm melhorias de desempenho econômico;
3. Empresas com maiores níveis de aplicação de práticas de GSCM têm piores desempenhos econômicos;
4. Há relação positiva entre a prática GSCM e desempenho ambiental e esta é mais forte nas empresas com níveis mais elevados de gestão da qualidade do que nas empresas com níveis mais baixos de práticas de gestão da qualidade.
5. Há relação positiva entre a prática GSCM e desempenho econômico e esta é mais forte nas empresas com níveis mais elevados de gestão da qualidade do que nas empresas com níveis mais baixos de adoção de práticas de gestão da qualidade.
6. Há relação positiva entre a prática GSCM e desempenho ambiental e esta é mais fraca em empresas com maior adoção de práticas just-in-time do que nas empresas com menos adoção práticas just-in-time.
7. Há relação positiva entre a prática GSCM e desempenho econômico e esta é mais forte nas empresas com maior adoção de práticas just-in-time do que nas empresas com menos adoção de práticas de just-in-time.

Assim, tem-se aos seguintes resultados:



Hipóteses	GSCM Fatores práticos			
	Gestão ambiental interna	GSCM externa	Retorno de investimento	Eco-design
H1: ↑GSC ↑DA	Sim	Sim	Sim	Sim
H2: ↑GSC ↑DE	Sim	Sim	Sim	Sim
H3: ↑GSC ↓DE	Sim	Sim	Não	Sim
H4: ↑GSC ↑DA ↑GQ	Não	Apoio misto	Não	Não
H5: ↑GSC ↑DE ↑GQ	Sim	Sim	Não	Não
H6: ↑GSC ↑DA ↓JIT	Sim	Não	Não	Não
H7: ↑GSC ↑DE ↑JIT	Não	Sim	Não	Não

Quadro 3. Fatores práticos de GSCM

Fonte: Zhu *et al.* (2004)

O Quadro 3 relaciona as hipóteses formuladas a fatores práticos de gestão de GSCM, podendo-se afirmar, pela pesquisa realizada por Zhu *et al.* (2004), que os fatores relacionados à gestão da qualidade e JIT não se relacionam com as práticas de gestão ambiental internas, com a recuperação do investimento e com o *eco-design*.

3.3.3 Níveis de serviço

Apenas um dos artigos ou 9% dos artigos tinha como enfoque principal o paradigma níveis de serviço, sendo esta uma clara lacuna de pesquisa. Sua principal constatação é que a busca pela excelência nas organizações fez com que sistemas de gestão da qualidade com o controle estatístico de processos tivesse a extrapolação de resultados por todo o sistema de gestão de qualidade das empresas; afirmam também que a busca por melhoras práticas de operações dentro das organizações extrapolou para toda a cadeia de suprimento e que o mesmo pode ocorrer com a gestão ambiental. Ressalta, assim, os ganhos para a gestão ambiental em virtude da adoção de técnicas de *lean manufacturing*. (Charlers *et al.* Robert, 2006).

3.3.4 Ferramentas práticas

Do total de artigos que enfocavam os paradigmas *lean manufacturing* é *green?*, apenas 27% tinham como enfoque o paradigma ferramentas práticas. A seguir, seguem os seus resultados principais.

Parveen *et al.* (2011) apontam quais são as ferramentas do sistema *lean manufacturing* que impactam na gestão ambiental, sendo elas mapeamento de fluxo de valor (44,8%), normas de segurança (34,5%), 5's/6's (34,5%),

Kaisen (24,1%), jit e produção puxada (24,1%), Pesquisa e desenvolvimento (20,7%), seis sigma (10,3%) e gestão da qualidade total (6,9%). O seu estudo foi baseado em dados secundários do relatório do censo da semana da indústria disponíveis na agência de proteção ambiental. Todas as indústrias pesquisadas adotavam técnicas de *lean manufacturing*. A pesquisa demonstra que o mapeamento de fluxo de valor é a ferramenta do sistema *lean manufacturing* que pode trazer maiores benefícios à área ambiental, tal fator pode estar relacionado à busca sistematizada por redução de desperdícios realizada com a utilização dessa ferramenta.

Torielli *et al.* (2011) realizaram uma pesquisa sobre a utilização das ferramentas *lean manufacturing* em uma indústria de fundição e apontam ganhos significativos para a área ambiental quando a mesma é inserida como um dos objetivos do sistema de gestão *lean*. Dessa forma, os autores propõem que o termo *green* seja inserido na base do sistema *lean*, propondo um novo *framework* que contenha, no topo do sistema, os temas econômico, ambiental e sustentabilidade; como pilares, os temas melhoria de rendimento, energia, tecnologia e parcerias comunitárias; e, como base, inserem o termo filosofia organizacional.

3.4 Green supply chain management

Cerca de 60% da amostra analisada compreende o tema *Green supply chain management* (29 artigos), o que evidencia a busca por parte da academia de relações sinérgicas dentro do tema. Elaborou-se uma divisão de temas para efeito de análise mais aprofundada. Dessa forma, chegou-se a duas subdivisões, sendo a primeira artigos que dissertam sobre as operações *green* na cadeia de suprimentos, e a segunda os artigos que destacam o *green design*.



A maior parte (76%) está relacionada com operações *green*. Apenas 14% artigos foram inseridos na classificação de *green design* e outros 14% foram alocados com sendo intersecção das duas subdivisões.

3.4.1 Operações Green

Os principais resultados dos artigos analisados estão contidos em:

Dayna *et Daminenr* (2005) investigaram a relação entre fornecedor e o nível de práticas de gestão ambiental e a estrutura da relação cliente-fornecedor na manufatura. Segundo as autoras, a revisão de literatura revela que, quanto maior é o esforço para melhorar ou influenciar a prática de gestão ambiental por parte de um fornecedor, maiores são os custos de transação. A revisão permitiu o desenvolvimento de um modelo que aproxima questões relativas ao desempenho ambiental dos fornecedores por meio do fornecimento enxuto – *lean*. As autoras afirmam que o desempenho ambiental de fornecedores na função suprimentos pode provar ser um esforço caro, se não for administrada corretamente.

Já Charles *et Robert* (2006) colocam dois temas em pauta para discutir, o senso comum de que “*lean é green*”:

1) gestão da qualidade – discutem o aumento do uso do controle estatístico de qualidade nas operações individuais por meio de uma gestão de qualidade total para incluir um processo que engloba: necessidades dos clientes e operações dos fornecedores;

2) cadeia de suprimentos – discutem o foco inicial na otimização do controle de estoque; assim, com um planejador único, é possível incluir várias organizações com objetivos conflitantes; além disso, dão atenção para aspectos como: fluxos reversos e descarte de produtos em “fim de vida”.

Segundo os autores, nos dois casos, estes desenvolvimentos foram inicialmente impulsionados pela prática e muitos dos benefícios da adoção de uma perspectiva ambiental foram inesperados. Dada a repetição frequente de tais benefícios, os autores referem-se, assim, a tal acontecimento como a “lei dos esperados benefícios colaterais inesperados.”

3.4.2 Green design

Os artigos que tiveram conclusões que merecem destaque nessa sistematização são Chacrabort *et al.* (2005), que analisaram uma empresa de lâmpadas que possui grande parte de seus fornecedores em um raio de 10 km. A empresa desejava reduzir o número de fornecedores de fundição de cinco para três. Os critérios de adaptabilidade ao

sistema eram manufatura *green* e apoio à produção enxuta em relação ao sistema Direto On Line (DOL). Outros critérios eram custo, qualidade, aderência no sequenciamento e cooperação geral. Os autores avaliaram os fornecedores nos referidos critérios utilizando a metodologia de Processo Hierárquico Analítico. Ao fim do processo de análise, o número de fornecedores foi reduzido e a empresa, assim, simplificou sua cadeia de suprimentos, segundo os autores.

Yasutaka *et Nobuhiko* (2006), que ampliam o alcance da cadeia de suprimentos, incluindo a reutilização e a reciclagem de todo o ciclo de vida de produtos e serviços, propõem o método de múltiplo atributo (utilizando a teoria da utilidade) para avaliar a cadeia de suprimentos. Consideram essa abordagem como sendo um método de cadeias verdes e enxutas (*Lean and Green*). Assim, segundo os autores, pode-se avaliar o desempenho de uma cadeia de suprimentos não só do ponto de vista de gestão, mas também do ponto de vista do desempenho ambiental.

Os autores analisam nesse estudo o efeito do compartilhamento de informação na cadeia. Foram quantificados os benefícios do compartilhamento de informações que podem diminuir o nível de estoque médio da cadeia e de produtos indisponíveis no varejo.

Johansson *et al.* (2010) propuseram um framework que une os conceitos de mapeamento de fluxo de valor (VSM – *Value Stream Mapping*) e práticas *green*, ao qual chamam de “Mapeamento de Produção Sustentável” (SMM – *Sustainable Manufacturing Mapping*).

O novo método usa os princípios dos métodos existentes, VSM, simulação discreta de eventos (DES – *Discrete Event Simulation*) e avaliação do ciclo de vida (LCA – *Life Cycle Assessment*).

O SMM tem uma abordagem voltada para objetivos, um princípio que é conhecido para o LCA. Escolher os indicadores corretos de acordo com a meta e definir os limites do sistema são passos essenciais para o SMM. O desafio da abordagem voltada para objetivos é que, comparando com diferentes sistemas, podem ser problemáticos, já que a avaliação pode não utilizar os mesmos indicadores.

3.5 Síntese das oportunidades de pesquisa

A Figura 2 remete aos resultados dessa sistematização e resume as oportunidades de pesquisa em que pode-se citar a falta de artigos sobre as possíveis entropias geradas pela união dos sistemas *lean* e *green*, pois apenas 10% dos artigos contidos nessa sistematização abordaram tais aspectos. Os paradigmas *lean* e *green*, apesar de descritos na literatura, são pouco explorados nos artigos sobre o tema: apenas 23% dos artigos tinham como enfoque os mesmos. Por fim, a união dos temas *lean* e *green* ao GSCM, apesar da existência de um alto número de artigos (60% dos artigos



contidos nessa sistematização), foca preponderantemente os aspectos operacionais. Dessa forma, há uma lacuna

ligada a aspectos relacionados ao *Green design*.



Figura 2. Síntese das oportunidades de pesquisa

Fonte: O(s) próprios(s) autor(es) (2015)

5. CONCLUSÃO

Como síntese dos resultados obtidos a fim de identificar qual é o estado da arte da literatura sobre a temática proposta, tem-se que: o tema *lean manufacturing é green?* Se mostra como uma área de pesquisa nova e crescente. No que tange a produção científica, o primeiro autor a publicar um artigo de impacto sobre a temática é Florida (1996), sendo também o mais citado no *Scopus*. Essa pesquisa concluiu que os trabalhos de maior relevância sobre o tema são: Florida (1996) Zhu et Sarkis (2004) com fator JCR de 4,382, Yasutaka et Nobuhiko (2006) com JCR de 1,760, Chung et Wee (2008) com JCR 1,760, Vijayan et al. (2006) com JCR 1649, King et Lenox (2001) com JCR 1,301 e Rothenberg et al. (2001) com JCR 1,301. Os periódicos que mais publicaram trabalhos na área são: *American Society for Engineering Education* e *International Journal of Production Economics*. Já o periódico com maior fator de impacto a publicar um trabalho sobre a temática foi o *Journal of Operations Management*, com JCR 4,382 em (2004) seguido pelo *Journal of Cleaner Production*, com JCR 2,727 em (2012).

Na sistematização da literatura, 42% dos artigos foram relacionados ao enfoque da união dos sistemas *green and lean manufacturing*, sendo subdivididos em artigos que ressaltavam a entropia da união dessas práticas (totalizando 10% artigos – destaque para o artigo escrito por Zhu et Sarkis (2004) com 175 citações no *Scopus*) e artigos que

ressaltavam a sinergia de unir as duas práticas (totalizaram 90%). Dentre estes, destacam-se Florida (1996), sendo o primeiro autor a sugerir que os modernos sistemas de manufatura como o *lean manufacturing* poderiam auxiliar no processo de redução da poluição. Também podem ser citados Kind et Lenox (2001), que afirmam: *lean é green*. Portanto, pode-se apontar como uma lacuna de pesquisa os processos que envolvam a entropia resultante da união dos sistemas.

Já com relação aos paradigmas, dos sete propostos, dois não foram abordados como foco principal de nenhum estudo contido nessa sistematização, sendo eles: pessoas e organização e redução de *lead time*, sendo portanto temas para futuras pesquisas.

No que se refere ao sistema GSCM, os artigos foram classificados em operações *green* e *green design*, totalizando 60% dos artigos com algum resultado voltado a essa área. A maior parte dos trabalhos sistematizados (79%) está relacionada a operações *green*. Apenas 21% dos artigos foram inseridos na classificação de *green design*.

Por fim, pode-se afirmar que a grande maioria dos artigos aponta os benefícios da adoção das práticas *lean manufacturing* a gestão ambiental, o que corrobora a afirmação de que há sinergia entre alguns componentes dos sistemas *lean* e *green*.



6. REFERÊNCIAS

- Akçali, E. e Çetinkaya, S. (2011), "Quantitative models for inventory and production planning in closed-loop supply chains", *International Journal of Production Research*, Vol. 49, Nº 8, pp. 2373-2407
- Agbejule, A. e Burrowes, A. (2007), "Perceived environmental uncertainty, supply chain purchasing strategy, and use of MAS information: An empirical study of Finnish firms", *Managerial Auditing Journal*, Vol. 22, Nº. 9, pp. 913-927.
- Badar M. A. e Johnston C. (2004), "Lean application in organizing a manufacturing cell," IIE Annual Conference.
- Badar, M.A. (2006), "Lean application in organizing a manufacturing cell", em *Handbook of Industrial and Systems Engineering*. A.B. Badiru (ed.) Taylor & Francis Group, Capítulo 18.
- Charles, J. C. e Robert, D. K. (2006), "Extending the Horizons: Environmental Excellence as Key to Improving Operations", *Manufacturing & Service Operations Management*, Vol. 8, Nº. 1, pp. 5-22.
- Chacrabort, P. S., Majunder, G. e Sakar, B. (2005), "Performance evaluation of existing vendors using Analytic Hierarchy Process", *Journal of Scientific and Industrial Research*, Vol. 64, Nº. 1, pp. 648-652.
- Chan, F. T.S. e Kumar, V. (2009) "Performance optimization of a leagility inspired supply chain model: a CFGTSA algorithm based approach", *International Journal of Production Research*, Vol. 47, Nº 3. pp. 777-799.
- Chen, H. Lindeke, R. R. e Wyrick, D. A. (2010) "Lean automated manufacturing: avoiding the pitfalls to embrace the opportunities", *Assembly Automation*. Vol. 30, Nº 2, pp.117-123.
- Chua, D. K. H., Shen, L. J. e Bok S. H. (2003), "Constraint-Based Planning with Integrated Production Scheduler over Internet", *J. Constr. Eng. Manage.*, Vol. 129, Nº 3, pp. 293-301.
- Chung, C. e Wee, H. (2008), "Green-component life-cycle value on design and reverse manufacturing in semi-closed supply chain", *International Journal of Production Economics*, Vol. 113, pp. 528-545.
- Dayna F. S. e Damien, J. P. (2005), "Use the supply relationship to develop lean and green suppliers", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 10, Nº. 1, pp. 60-68.
- De Mesquita, M. A. e De Castro, R. L. (2008) "Análise das práticas de planejamento e controle da produção em fornecedores da cadeia automotiva brasileira". *Gestão & Produção*, Vol.15, Nº 1, pp. 33-42.
- DeLong, D. L., Kozak, R. A. e Cohen D. H. (2007), "Overview of the Canadian value-added wood products sector and the competitive factors that contribute to its success", *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 37, Nº 11, pp. 2211-2226.
- D'errico, F., Farè, S. e Garces, G. (2011), "The next generation of magnesium based material to sustain the intergovernmental panel on climate change policy". *Annual Meeting & Exhibition*. pp. 19-23.
- Dües, C. M., TAN, K. e LIN, H. (2012), "Green as the new Lean: how to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain", *Journal of Cleaner Production*, inpress. Vol. 40, Nº 1, pp. 93-100.
- Enache-Pommer, E., Horman, M. J., Messner, J. I. e Riley, D. (2010), "A Unified Process Approach to Healthcare Project Delivery: Synergies between Greening Strategies, Lean Principles, and BIM", *Construction Research Congress 2010: Innovation for Reshaping Construction Practice*.
- Farish, M. (2009), "Plants that are green [Toyota's lean manufacturing]", *Engineering and Technology*. Vol. 4, Nº 3, pp. 68-69.
- Florida, R. (1996) "Lean and green: The move to environmentally conscious manufacturing". *California Management Review*, Vol. 39, Nº.1, pp. 80-105.
- Lage-Junior. M. e Godinho Filho, M. (2010), "Variations of the kanban system: Literature review and classification", *International Journal Production Economics*, Vol. 125, pp. 13-21.
- Lee, C.K.M. Ho, W. Ho, G.T.S. Lau, H.C.W. (2011), "Design and development of logistics workflow systems for demand management with RFID", *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, Nº 5, pp. 5428 - 5437.
- Gingerich, K. (2011), "Lean Manufacturing and Sustainability for Medical Device Manufacturers. Medical Device and Diagnostic", *Industry News Products and Suppliers*.
- Grichecky, S. T., Buehlmann, U., Schuler, A.; Luppold, W. e Cesa, E. (2006), "Decline in the U.S. furniture industry: a case study of the impacts to the hardwood lumber supply chain", *Wood and Fiber Science*, Vol. 38, Nº. 2, pp. 365-376.
- John, H. M. e Russell, M. C. (2004), "From Farther, Faster, Higher to Leaner, Meaner, Greener: Further Directions in Aeronautics", *Journal of Aircraft*, Vol. 41, Nº. 1, pp. 51-61.
- Johansson, B., Heilala, J., Hentula, M., Heikkilä, A. e Paju, M. (2010), "Framework and Indicators for a sustainable manufacturing mapping", *Winter Simulation Conference*.
- King, A. A. e Lenox, M. J. (2001), "Lean and green? An empirical examination of the relationship between lean production and environmental performance", *Production and Operation Management*, Vol. 10, Nº. 3, pp. 244-256.



- Kwasnic, E. (2009), "Lean Six Sigma - Declare all-out war on waste", *Textil Rental*, pp. 130-136.
- Malnati, P. (2009), "ECO Elise concept: Lean, speedy and green", *Composites word*.
- Mashaei, M., Lennartson, B. e Abbestam, G. (2011), "Green and Lean Control of Cyclic Pallet Systems", *IEEE International Conference on Automation Science and Engineering*.
- Mefford R. N. (2011), "The Economic Value of a Sustainable Supply Chain", *Business and Society Review*, Vol. 116, Nº 1, pp. 109-143.,
- Miller, G., Pawloski, J. e Standridge, C. (2010), "A case study of lean, sustainable manufacturing", *Journal of Industrial Engineering and Management*, Vol. 3, Nº 01, pp. 11 – 32.
- Miller, C. R. e Sarder, M. D. (2012), "Public Works Policy Implications of Sustainable Reverse Logistics Operations", *Public Works Management & Policy*. Vol. 17, Nº1, pp. 68-82.
- Nahamens, I. (2009), "From lean to green construction: A natural extension", *Construction Research Congress*, pp. 1058-1067.
- Parveen, C. M., Narasimba. R. T. V. V. L. e Kumar, P. (2011), "Integration Of Lean And Green Supply Chain – Impact On Manufacturing Firms In Improving". *International Conference on Green Technology and Environmental Conservation*.
- Polat, G., Arditi, D. Ballard, G. e Mungen, U. (2006), "Economics of on-site vs. off-site fabrication of rebar", *Construction Management and Economics*, Vol. 24, Nº 11, pp. 1185-1198.
- Ranny, P. G. (2010), "Sustainable Green Product Design and Manufacturing / Assembly Systems Engineering Principles and Rules with Examples". *IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology (ISSST)*, pp. 1-6.
- Rothenberg, S., Pil, F.K. e Maxwell, J. (2001), "Lean, Green, and the quest for superior environmental performance", *Production and Operation Management*, Vol. 10, Nº. 3, pp. 228.
- Rubio, S. e Corominas, A. (2008), "Optimal manufacturing–remanufacturing policies in a lean production environment", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 55, Nº 1, pp. 234-242.
- Shah, R. e Ward, P. T. (2003) "Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance". *Journal of Operations Management*, Vol. 21, pp. 129-149.
- Swarup, L., Kormaz, S., Asce, A.M. e Riley, D. (2011), "Project Delivery Metrics for Sustainable, High-Performance Buildings", *Journal of construction engineering and management*. pp. 1043-1051.
- Srinivasan, R. (2007), "Artificial intelligence methodologies for agile refining: an overview", *Knowledge and Information Systems*, Vol. 12, Nº 2, pp. 129-145.
- Srivastava, S. K. (2007), "Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review", *International Journal of Management Reviews*, Vol. 9, Nº.1, pp.53-80.
- Sundaramoorthy, A., Xianming, S., Karimi, I. A. e Srinivasan, R. (2006), "An integrated model for planning in global chemical supply chains", *Computer Aided Chemical Engineering*, Vol. 21, pp. 2189-2194.
- Wallen, R. e Wilson, V. (2003), "Development of an Enterprise Supply Chain Model for Naval Warship Construction", *Journal of Ship Production*, Vol. 19, Nº 2.
- Whitman, L., Twomey, J. e Cheraghi S. (2008), "Lean and Green Production Systems Class Project", *American Society for Engineering Education*.
- Whitman, L., Twomey, J., Chaparro, B. e Hinkle, V. (2009) "Green issues in a factory: student perceptions". *American Society for Engineering Education*.
- Whitman, L., Twomey, J., Chaparro, B. e Hinkle, V. (2011), "Integrated approach for safe and eficiente plant layout development", *The Minerals, Metals & Materials Society*.
- Wee, H. M. e Chung, C. J. (2009), "Optimising replenishment policy for an integrated production inventory deteriorating model considering green component-value design and remanufacturing", *International Journal of Production Research*, Vol. 47, Nº. 5, pp. 1343-1368.
- Torielli, R. M., Abrahams, R. A., Smilie R.W. e Voigt R.C. (2011), "Using lean methodologies for economically and environmentally sustainable foundries", *China Foundry*, Vol. 8, Nº 1, pp. 74-88.
- Vijayan, A., Varadarajan, C. e Kumar, A. (2006), "Application of Computer-Aided Tools for Achieving Environmental Sustainability", *InterScience*, Vol. 25, Nº. 4, pp. 279-290.
- Yasutaka, K. e Nobuhiko, T. (2006), "A multiple attribute utility theory approach to lean and green supply chain management", *International Journal of Production Economics*, Vol. 101, pp. 99-108.
- Zhu, Q. e Sarkis, J. (2004), "Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises", *Journal of Operations Management*, Vol. 22, pp. 265-2894.