

A evolução dos “modelos” de produção industrial sob a ótica da sustentabilidade

The evolution of industrial production "models" under the sustainability perspective

Prof. Ms. Francisco I. Giocondo César¹

¹ IFSP/Piracicaba, giocondo.cesar@gmail.com

Submetido em 08/03/2015
Revisado em 31/03/2015
Aprovado em 02/04/2015

Resumo: O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão da literatura com relação a evolução dos “modelos” de produção industrial do processo tradicional onde focava custo, qualidade e tempo, para modelo de produção sustentável onde considera qualidade ambiental, igualdade social e economia saudável. No total, sete modelos de produção foram estudados (Gestão de Conformidade, Controle no Final do Processo, Prevenção da Poluição, Produção mais Limpa, Ecoeficiência, Produção Verde, Produção Sustentável). Uma revisão da literatura foi realizada para fornecer uma compreensão abrangente de cada modelo, procurando enfatizar suas características e sua evolução.

Palavras chave: Revisão de literatura, Produção industrial, Sustentabilidade, Produção sustentável.

Abstract: The objective of this work is to carry out a literature review of the evolution of industrial production “models” and its evolution from the traditional process where focused cost, quality and time to sustainable production model which considers environmental quality, social equity and healthy economy. In total of seven production models were studied (Compliance Management, Control end of pipe, prevention of pollution, cleaner production, eco-efficiency, green Production, Sustainable Production). A literature review was conducted to provide a comprehensive understanding of each model, and tends to emphasize similarities and minimize differences, trying to emphasize its features and its evolution.

Keywords: Literature review, Industrial production, Sustainability, Sustainable production.

Introdução

Nas últimas décadas, as organizações industriais têm demonstrado um interesse cada vez maior na gestão da sustentabilidade de suas operações, pois existe uma crescente pressão do governo e da sociedade para lidar com fatores que contribuem para o aquecimento global, a escassez de matérias-primas assim como na preservação dos direitos humanos (SEURING, 2004).

Incentivos e pressões externas, tais como leis e regulamentações ambientais, demandam dos clientes por produtos e serviços sustentáveis juntamente com pressão de grupos de interesse ambiental, parecem pressionar as organizações a tomar ações para gerir as questões relativa a sustentabilidade de uma forma mais adequada; e na literatura tem sugerido que questões relacionadas a sustentabilidade são cada vez mais determinantes em suas operações (BANSAL e ROTH, 2000; SEURING e MULLER, 2008).

Além desses incentivos externos, as indústrias também estão empenhadas internamente para a melhoria de suas operações com relação a sustentabilidade. Ao melhorar a sustentabilidade de suas operações e produtos, as indústrias assumem que podem reduzir os custos, melhorar a qualidade, gerenciar os riscos, e adquirir uma imagem ambiental e social, por meio do qual possibilita a empresa uma vantagem competitiva. (PORTER e LINDE, 1995; HORBACH, 2008).

Considerações iniciais

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão da literatura com relação a evolução dos “modelos” de produção industrial, do processo tradicional até o modelo de produção sustentável, para isto, nesse item, antes de iniciar o objetivo do trabalho, se faz necessário destacar algumas definições com a finalidade de padronizar o entendimento e a interpretação do mesmo.

A produção industrial sustentável, integram conceitos de produção industrial (manufatura) e sustentabilidade. Manufatura é definida por Kalpakjian (2001, p. 2) como: “[...] o uso de máquinas, ferramentas e mão de obra para a

produção de produtos para uso ou venda [...]”, referindo-se normalmente à produção em escala industrial, onde recursos materiais e energéticos são transformados em produtos e serviços em larga escala.

O conceito de sustentabilidade foi inicialmente definida pela Comissão de Brundtland como: “[...] o atendimento às necessidades presentes sem que essas comprometam a possibilidade de gerações futuras satisfazerem s suas próprias necessidades” (WCED, 1987, p. 37). Desta forma a sustentabilidade é apresentada com um conceito sistêmico que visa o balanceamento entre os aspectos ambientais, econômicos e sociais, conhecidos pela expressão *Triple Bottom Line* (TBL).

Desta forma produção sustentável (manufatura sustentável), integram os dois conceitos de manufatura e as dimensões ambientais, econômica e social, sendo definida como:

[...] a manufatura de produtos utilizando materiais e processo que minimizem os impactos negativos sobre o meio ambiente, promovendo a conservação de energia e dos recursos naturais, a segurança dos trabalhadores, dos consumidores e da comunidade, e que se mostra economicamente viável (ITA, 2010, p. 1).

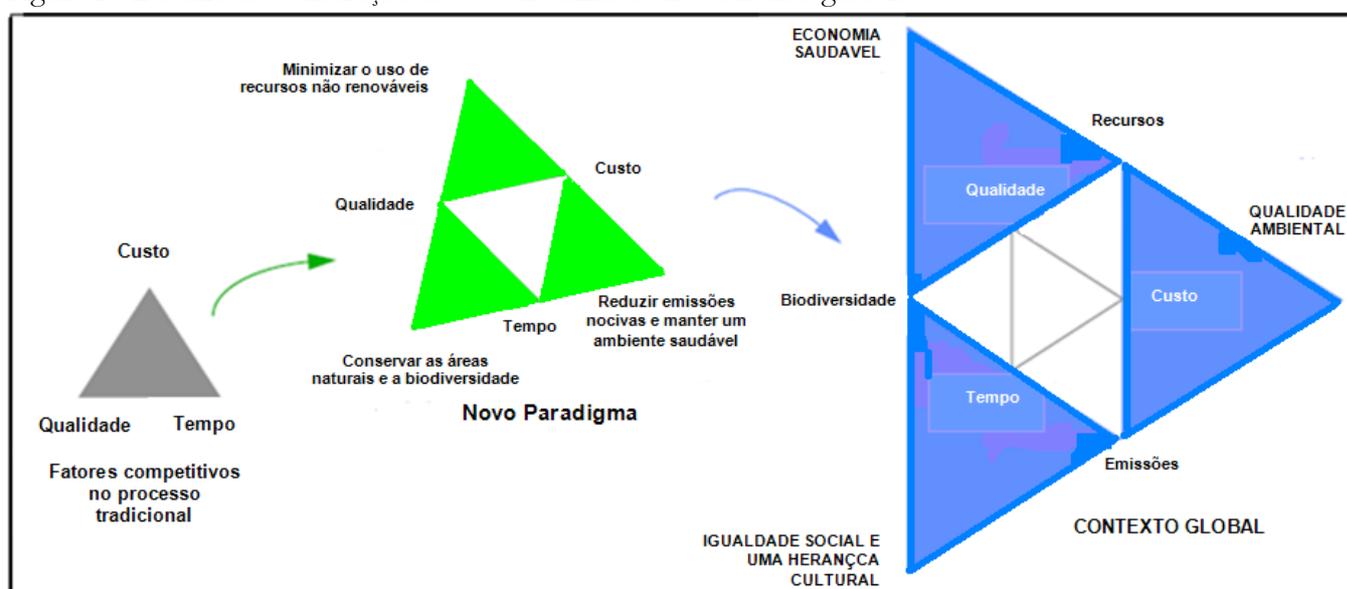
Uma vez padronizados os conceito, podemos desenvolver o estudo.

Sustentabilidade em Processo de Manufatura

Enquanto projetos e construções tradicionais focam custos, desempenho e objetivos de qualidade, projetos e construções sustentáveis têm como critério a minimização do uso de recursos não renováveis da degradação ambiental e criação de um ambiente saudável. A mudança para a sustentabilidade pode ser vista como um novo paradigma, onde objetivos sustentáveis estão intimamente ligados à construção de projetos e indústrias, que devem ser considerados na tomada de decisão em todos os estágios do ciclo de vida de suas instalações (HUOVILLA e KOSKETA, 1998, p.3). Na Figura 1, é destacado a evolução e os desafios da construção do conceito de sustentabilidade no contexto global.

Analisando a Figura 1 (lado esquerdo), a partir dos fatores de desempenho nos processos produtivos, abordados por Slack *et al* (2002, p. 64-81), tais como: custo, rapidez, qualidade, flexibilidade e confiabilidade; sendo que destes fatores para o gerenciamento de projetos o custo, qualidade e tempo, são fatores competitivos no processo tradicional e críticos para a construção do escopo (PMI, 2004, p. 8). Com os novos paradigmas relacionados à questão ambiental, apenas os fatores tradicionais já não eram mais suficientes para as exigências dos *stakeholders*, levando projetos industriais a considerar questões ambientais e de minimização na utilização dos recursos (Figura 1 imagem central).

Figura 1– Desafio da construção da sustentabilidade no contexto global.



Fonte: Huovilla e Kosketa (1998, p. 3).

Além destes desafios, nas últimas décadas vem crescendo a pressão nas empresas devido ao seu desempenho econômico, fomentado pelos investidores, e pelo desempenho sustentável, promovido pelos *stakeholders*. (VISSER, 2002, p. 80). Com estas pressões, muitas empresas estão interessadas em investigar o desempenho de seu processo em relação aos aspectos de sustentabilidade, isto

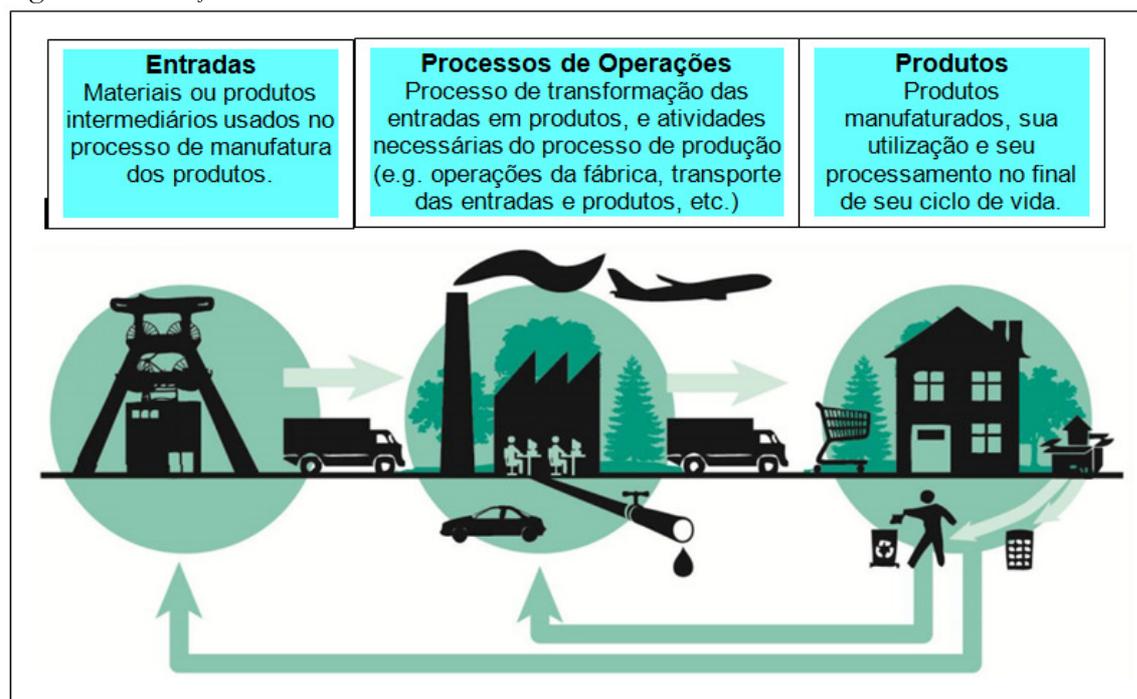
devido à sustentabilidade ser capaz de unir e integrar os interesses ambientais, sociais e econômicos a estratégias de negócio (Figura 1 imagem direita). A sustentabilidade de negócio pode ser definida como a “adoção de estratégias e ações que atendam às necessidades das empresas e dos diferentes *stakeholders*, enquanto protegem, mantêm e melhoram os recursos humanos e naturais com vistas ao futuro” (DELOITTE e TOUCHE, 1992 *apud* LABUSCHAGNE *et al.* 2005, p. 374).

Portanto o grande desafio das empresas no contexto global é: (a) atender a questões do processo tradicional como qualidade, custo e tempo; (b) assim como atender as questões ambientais (redução no uso de recurso, emissões nocivas e conservação da biodiversidade); e (c) integrar suas operações preservando a qualidade ambiental, mantendo a igualdade social e sua economia saudável.

Toda empresa industrial processa produtos que são destinados para o consumo, ou componentes de produtos intermediários que serão transportados para outras empresas que irão fazer em seu produto final para venda, ou, ainda, produtos utilizados para prover serviços. Qualquer que seja o que a empresa produza, ela utiliza de recursos e serviços originários do meio ambiente (*e.g.* metal, materiais, combustíveis fósseis, solo, água, etc) e retorna ao meio ambiente na forma de resíduos (*e. g.* perdas, emissões, esgoto, contaminação do solo, etc.). Como consequência, estas ações geram impactos ambientais (OECD, 2013, p. 7).

A Figura 2 mostra a interação básica entre a empresa e o impacto gerado ao meio ambiente por intermédio do ciclo de vida do produto que é produzido. No entanto, os processos de produção atuais são mais sofisticados, e o impacto gerado ao meio ambiente ocorre, principalmente, por estes três estágios: entradas, processo de operação e produtos, exemplificados na Figura 2.

Figura 2 – Relação básica entre a manufatura e o meio ambiente.



Fonte: OECD (2013, p. 7).

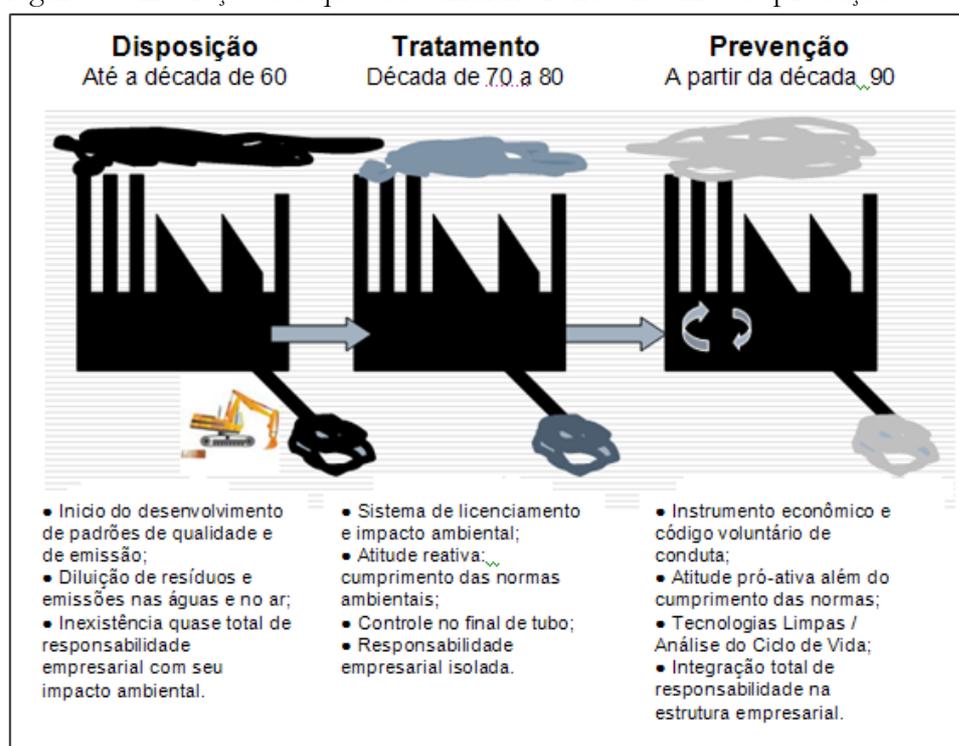
A solução dos problemas ambientais ou a sua minimização, exige nova postura por parte dos empresários e administradores, que devem passar a considerar o meio ambiente em suas decisões e adotar concepções administrativas e tecnológicas que contribuam para aumentar a capacidade de suporte do planeta, ou seja, espera-se que as empresas deixem de ser problemas e passem a fazer parte das soluções (BARBIERI, 2006, p. 21).

O desafio das empresas industriais é encontrar maneiras que permitam incorporar com sucesso considerações ambientais em suas estratégias. Assim, além de utilizar as tecnologias mais limpas, as empresas precisam tentar desenvolver práticas gerenciais inovadoras que permitam cumprir com as restrições ambientais e dar suporte à sustentabilidade (DANIEL *et al*, 1997, p. 248).

Várias práticas de remediação e de tratamento mostraram-se insuficientes para lidar com o problema ambiental. Até a década de 60, grande parte de resíduos e emissões eram diluídas nas águas e no ar, inexistia qualquer responsabilidade empresarial com seus impactos ambientais, Figura 3. Entre as décadas de 70 e 80,

com o surgimento de normas, sistema de licenciamento ambiental, as empresas adotaram uma atitude reativa, com o objetivo de cumprir as normas ambientais e estabelecendo controle no final do tubo. Esta atitude surgiu de forma isolada nas empresas. A partir da década de 90, as empresas tiveram uma atitude mais pró-ativa além do cumprimento das normas. Surgiram tecnologias limpas com integração total de responsabilidade na estrutura empresarial. Nas últimas décadas, conceitos foram desenvolvidos como resposta a pressões exercidas, tanto pelo próprio meio ambiente, como pela sociedade (SENAI, 2003, p. 9).

Figura 3 – Evolução das questões ambientais nos sistemas de produção.



Fonte: Adaptado de SENAI (2003, p. 9).

Dos anos 90 até hoje, um grande número de ferramentas, como certificações ambientais, movimentos e campanhas foram criados em várias partes do mundo para consolidar conceitos como o desenvolvimento sustentável, traduzindo-os em prática de gestão. Há cerca de duas décadas não se considerava, entre os problemas de engenharia, que questões ambientais se impusessem tão

claramente como desafio para a sobrevivência das organizações e da própria sociedade em que elas estão inseridas. Na década atual, já é possível perceber uma evolução nas práticas e conceitos de responsabilidade empresarial, que cada vez mais vem ganhando consistência (ALMEIDA *et al*, 2010, p. 17).

A evolução dos sistemas de produção rumo a modelos sustentáveis evoluiu muito rapidamente nos últimos cinquenta anos, como pode ser observado na Figura 3. A partir da década de 1970, teve início a evolução dos sistemas de produção rumo a modelos sustentáveis, conforme será abordado abaixo.

A evolução dos “modelos” de produção industrial sob a ótica da sustentabilidade

A seguir será abordados os vários “modelos” de manufatura que se sucederam devido ao processo de amadurecimento ocorrido nas empresas com relação a sustentabilidade, em um primeiro instante apenas com a preocupação ambiental, e em seguida com a questão social inserida no contexto, a dimensão econômica por ser elemento fundamental para a sobrevivência da empresa sempre é preservada.

– Gestão de Conformidade (*compliance management*)

Gestão de conformidade diz respeito a aderência as normas e tem como definição “a realização dos requisitos técnicos, jurídicos, corporativos, regulamentos e práticas de fabricação, a fim de produzir e comercializar produtos e serviços.” (CAMSTAR, 2015)

Com o advento da *United Nations Conference on the Human Environment*, em junho de 1972, em suas recomendações de ações para os países industrializados, em âmbito internacional, buscava resolver os problemas ambientais em seus projetos de desenvolvimento, Figura 3 (a), e orientava para o dever de treinar e encorajar a adoção de requisitos que respeitem e protejam o meio ambiente (UNEP, 2013).

– Controle no final do processo (*end-of-pipe*)

Em meados da década de 1970, Figura 3 (b), o meio tradicional de combate à poluição é o emprego de sistemas de final de tubo (*end of pipe*), ou seja, o tratamento de resíduos e efluentes. Nesse tipo de abordagem, o tratamento e o controle dos poluentes ocorrem depois que estes são gerados. Porém, na maioria dos casos, os resíduos e emissões não são eliminados, mas somente transferidos de um meio para outro (por exemplo, da água para o solo) (ALMEIDA *et al.*, 2010, p. 17-18).

Nesta forma de controle de poluição, as tecnologias para o controle, diferentemente das tecnologias de prevenção de poluição, têm a função de tratar e dispor poluentes ou subprodutos tóxicos liberados ao final de processos produtivos. Para alcançar tal objetivo, são acrescentados aos sistemas de produção novos equipamentos e operações. Por meio da instalação de controles e tecnologias para essa função, não ocorre qualquer alteração na quantidade de poluição produzida, somente na qualidade do seu tratamento, sendo por esse motivo denominado controle do tipo final de tubo (KLASSEN e WHYBARK, 1999, p. 600).

Rusinko (2007, p. 446) também explica que o controle ao final do processo é uma abordagem que se refere tipicamente à armazenagem, tratamento e/ou disposição da poluição depois que é criada. Para Almeida *et al.* (2010, p. 18), as mais variadas tecnologias foram desenvolvidas com esse objetivo, como sistemas químicos e biológicos para tratamento de água, sistemas de filtração para água e ar, métodos de compostagem e aterros para resíduos sólidos. Para cada efluente haverá, provavelmente, várias opções de tratamentos, igualmente aceitáveis, com diferenças na qualidade, no custo e no desempenho ambiental. Entretanto, ações desse tipo trazem implícitas a ideia de que a quantidade de matéria-prima e de energia do planeta sejam ilimitadas e que o ambiente apresenta capacidade também ilimitada de absorver resíduos, sejam eles tratados ou não.

– Prevenção da poluição (PP ou P2)

Mais um avanço no controle de emissões e resíduos foi o Programa de Prevenção à Poluição, lançado pela Agência de Proteção Ambiental (EPA, 1980), dos Estados Unidos. Essa iniciativa visava reduzir a poluição por meio de esforços cooperativos entre indústrias e agências governamentais, com base na troca de informações e na oferta de incentivos. De acordo com a EPA, um programa de prevenção à poluição, deve-se considerar:

- A redução ou total eliminação de materiais tóxicos, pela substituição de materiais no processo de produção, pela reformulação do produto e/ou pela instalação ou modificação de equipamentos de processo;
- Implantação de ciclos fechados de reciclagem;
- Desenvolvimento de novas técnicas que auxiliem na implantação de programas de prevenção à poluição.

Não se pretende que programas de prevenção à poluição englobem técnicas de remediação, tratamentos de resíduos (final de tubo), reciclagem em circuito aberto, incineração para recuperação de energia, descarte, transferência de resíduos de uma parte para outra do ambiente e nem mesmo incorporação de resíduos a outros produtos. Considera-se que essas práticas não atuam na redução da quantidade de resíduos ou poluentes, mas somente corrigem impactos causados pela geração de resíduos, Figura 3 (c). Para implantar programas de prevenção à poluição, faz-se uso de ferramentas que facilitam entender o sistema em operação e permitem traçar estratégias para ações de longo prazo e também auxiliam na melhora da imagem da empresa, entre elas podemos citar: os Sistemas de Gerenciamento Ambiental (SGA).

– Produção mais limpa

O conceito de produção mais limpa (P+L) surgiu em 1989, patrocinado pela UNEP (*United Nations Environmental Program*), com o objetivo de minimizar os impactos ambientais dos sistemas de produção. P+L pode ser interpretada como a

“aplicação contínua de uma estratégia de prevenção ambiental voltada a produtos e processos que visam diminuir os riscos ao meio ambiente e à população” (UNEP, 1996, p. 5), Figura 4.

Figura 4 – Conceito de Produção + Limpa.



Fonte: Revista Química (2013).

A P+L baseia-se na aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva, integrada a processos, produtos e serviços, para aumentar a eficiência dos processos e reduzir os riscos para os seres humanos e para o meio ambiente. Nos processos produtivos, a P+L busca a conservação de matérias-primas e energia, a eliminação dos materiais tóxicos e redução da quantidade e toxicidade de todas as possíveis emissões e resíduos, antes que eles deixem o processo. Para os produtos, a P+L inclui a redução de seus feitos danosos do mesmo, durante todo o ciclo de vida, desde a extração das matérias-primas até a sua disposição final. Com relação aos serviços, a P+L inclui as questões ambientais no planejamento e execução dos mesmos (GUELERE, 2005; LEMOS, 1998).

– Ecoeficiência

O termo “Ecoeficiência” surgiu em 1992 a partir do livro “*Changing Course*”, foi difundido pela WBCSD – *World Business Council for Sustainable Development*, discutido e endossado durante a ECO92, descrita na Agenda 21, com a finalidade de demonstrar as oportunidades econômicas da sustentabilidade ambiental, constituindo alicerces da filosofia de atuação responsável e sustentável pelas empresas de todo o mundo (OLIVEIRA, 2007, p. 26).

A palavra “eficiência” deriva da eficiência que está diretamente relacionada à capacidade que a organização possui de realizar suas atividades com a menor quantidade de recursos possíveis, ao ser combinada com “eco”, que traz a ideia de natureza, ou ecologia, a expressão ecoeficiência passa a ser referência para uma produção ou realização de serviços com o mínimo de consumo de recursos naturais (OLIVEIRA, 2007, p. 25-26). Ecoeficiência é definida como:

Ecoeficiência é a capacidade que qualquer organização possui de realizar suas atividades e produtos causando o menor impacto ambiental possível, através do mínimo consumo de recursos naturais e mínima geração de resíduos e subprodutos para o ecossistema em que atua (OLIVEIRA, 2007, p. 26).

A ecoeficiência é alcançada pela oferta de bens e serviços a preços competitivos, que, por um lado, satisfazem às necessidades de consumo e, ao mesmo tempo, contribuem para a qualidade de vida, reduzindo progressivamente o impacto ecológico e a intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo de vida (WBCSD, 2001, p. 9).

De acordo com o WBSC (2001, p.15), os elementos básicos nas práticas das companhias que operam de forma ecoeficientes são:

- Reduzir a quantidade de matérias em bens e serviços;
- Reduzir a quantidade de energia em bens e serviços;

- Reduzir a dispersão de material tóxico;
- Aumentar a reciclagem de material;
- Maximizar o uso de fontes renováveis;
- Aumentar a durabilidade dos produtos;
- Aumentar a quantidade de bens e serviços (WBSC, 2001).

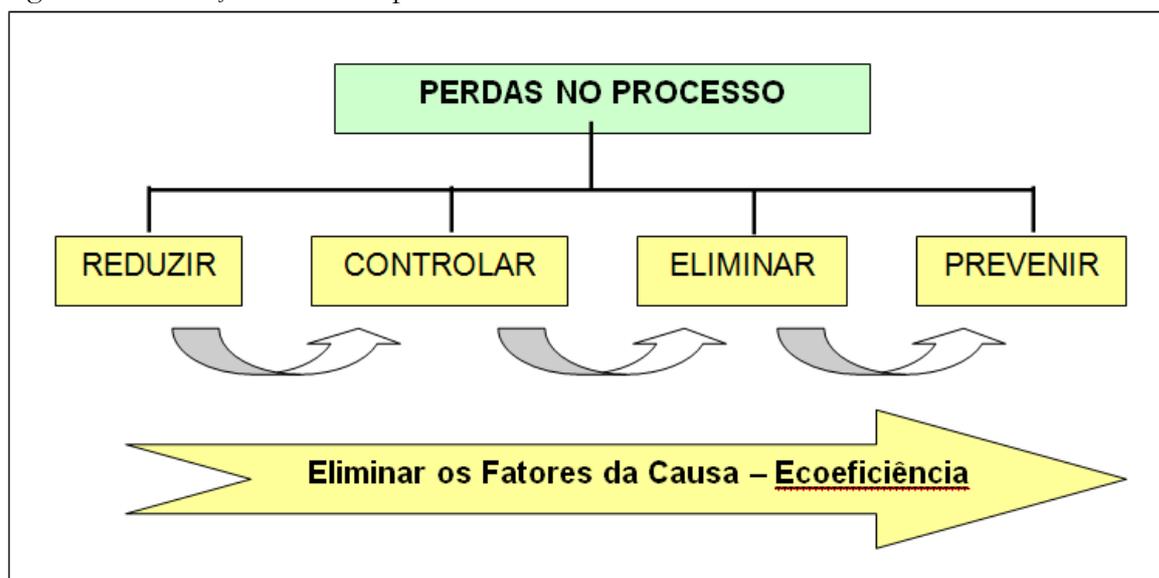
– Produção “verde” (*Green Manufacturing*)

O termo “verde” é utilizado a todo o momento, e sua definição tende a ser ambígua (ROARTY, 1997, p. 244; SAHA e DARNTON, 2005, p. 118). É comumente associado a vários significados, tais como ecoamigável, reciclagem, economia de energia, gestão de resíduos, redução de poluição, etc. Quando considerado no contexto da produção, “verde” é geralmente usado como um termo amplo que abrange uma grande gama de conceitos, tais como “consciência ambiental”, “ética”, “orgânico” e “troca amigável”.

Produção “Verde” é chamada a produção que tem uma consciência ambiental. É um modelo de produção moderno que considera a reciclagem eficiente dos recursos e seus impactos ambientais. Ela possibilita o menor impacto negativo ao meio ambiente, maximiza a eficiência da reciclagem dos recursos durante todo o ciclo de vida do produto, que inclui o projeto, manufatura, embalagem, transporte, uso e recuperação, o que permite um balanço dos benefícios econômicos, sociais e ambientais (FEI *et al.*, 2004).

Tempo é dinheiro, energia é dinheiro e consumível é dinheiro. Produzir os mesmos produtos usando poucos recursos e energia é uma boa estratégia de fazer dinheiro. Em outras palavras, eficiência através da prevenção das perdas são ambos “eco” assim como eficiente em dinheiro. Em produção, existem muitas perdas que podem ser eliminadas nos processos e no produto. (DEIF, 2011, p. 2). A estratégia da produção “verde” para reduzir as perdas é mostrada na Figura 5.

Figura 5 – Produção “verde” e perdas.

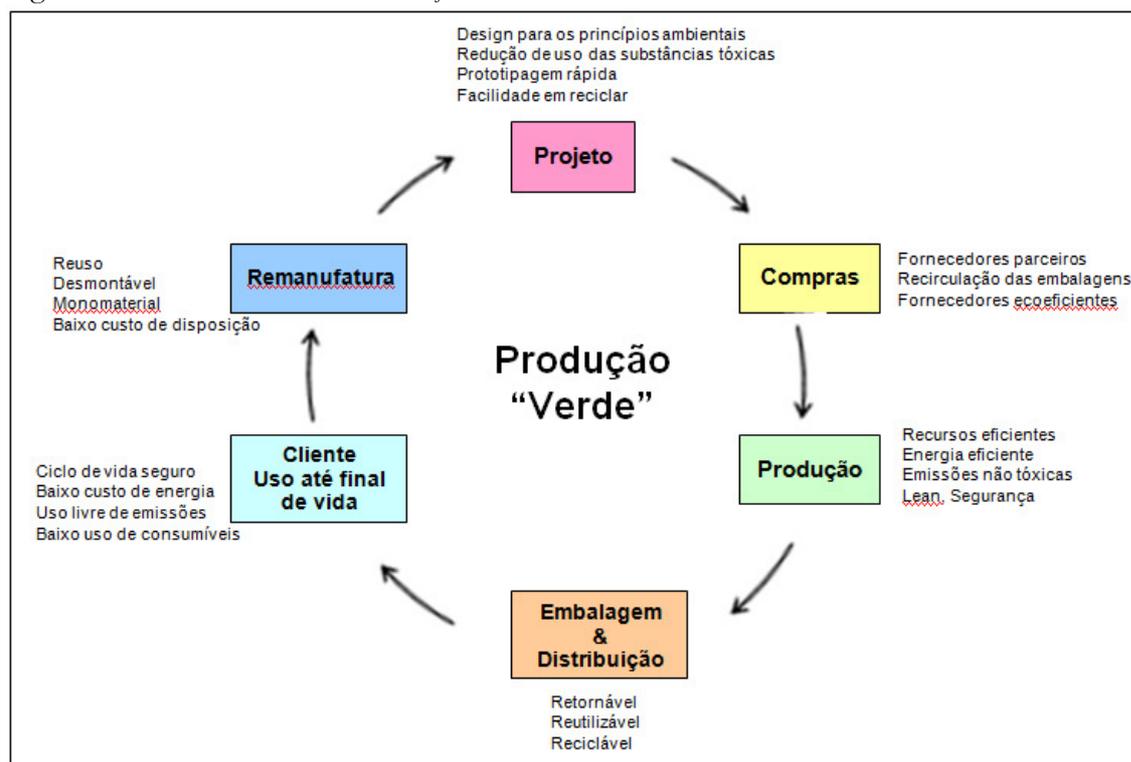


Fonte: Adaptado de Deif (2011, p.2).

Produção “Verde” foca na seleção de problemas referentes a promover o uso de energia limpa, diminuir o consumo de energia e recursos, converter poluição e perdas em recursos reutilizáveis, maximizando os rendimentos e minimizando as perdas de efluente por intermédio da melhoria dos processos (PAL, 2002). Com uma visão linear em relação ao ciclo de vida dos produtos, o sistema de produção “verde” pode ser dividido em três funções, que são: utilização de energia “verde”, processos de produção “verde” (projeto, material, tecnologia, embalagem gestão “verde”) e produtos “verdes” (GANG-FU *et al.*, 2000).

Os fundamentos da produção “verde” vão muito além do que minimizar o uso de recursos e o impacto ambiental dos produtos. Esta filosofia é estendida para todos os elementos do ciclo de vida – do projeto ao seu final de vida (LELE, 2009, p.1), como ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Ciclo de vida e a Produção “verde”.



Fonte: Adaptado de Lele (2009, p.1),

Para Rusinko (2007, p. 447) a produção “verde” vai além dos processos de manufatura, diz respeito à prevenção da poluição e responsabilidade de produto (p. ex.: redução do consumo de energia), e os resultados competitivos específicos da manufatura (p. ex.: redução dos custos de produção), além de outros desdobramentos para a empresa (p. ex.: melhoria da imagem da companhia), assim como promove impacto positivo para atrair novos clientes (p. ex.: clientes com consciência ambiental), também promove a inovação de produtos e processo (p. ex.: nos produtos e tecnologias “verdes”), e possibilita uma prática para a melhoria da qualidade do produto. A hipótese que o autor adota é a perspectiva de que poluição está relacionada com a perda de produtividade, seja pelo uso em excesso de recursos, falta de qualidade nos processos ou mesmo pela falta de políticas para melhoria e inovação.

– Produção sustentável

O conceito de manufatura sustentável surgiu em 1992 na conferência “*United Nations Conference on Environment and Development*” (UNCED, 1992, item 2.7). Durante o encontro foi identificado o consumo elevado e a produção como os grandes responsáveis pela ameaça à sustentabilidade global.

Veleva *et al.* (2001, p. 448) definem produção sustentável com sendo a criação de mercadorias e serviços usando processos e sistemas que respeitam uma série de princípios: conservação de energia e recursos naturais, economicamente viável, seguro e saudável para os trabalhadores, comunidade e consumidores, e benéfico para todos os trabalhadores e pessoas.

Para *Lowell Center for Sustainable Production* (2015) a produção sustentável é:

... a criação de produtos e serviços que utilizam processos e sistemas que são: não poluentes, que conservam energia e recursos naturais, de forma economicamente viável, que sejam seguros e saudáveis para os trabalhadores, comunidades e consumidores; socialmente e criativamente gratificante para todos os trabalhadores. Se a produção é sustentável, o meio ambiente, os funcionários, comunidades e organizações, todos se beneficiam. Essas condições propiciam que as empresas se tornem economicamente mais viáveis e produtivas.

De uma forma simples, produção sustentável é tudo o que diz respeito a minimizar os diversos riscos da empresa inerentes a qualquer operação de produção enquanto maximiza novas oportunidades que possibilitem a melhoria de seus processos e produtos. Os aspectos econômicos, ambientais e sociais inclusos neste contexto estão ilustrados na Figura 8.

Alguns aspectos considerados pela Produção Sustentável:

Aspectos Econômicos: Combater o suborno e a corrupção, investir em infraestrutura, criar empregos, contribuir para a economia local, gerar vendas e lucros, pagar taxas de forma responsável e conduzir inovações. Aspectos Sociais: Cumprir as leis, respeitar os direitos humanos, ter boas relações com a comunidade, ter boas condições de trabalho, tratar fornecedores de forma amigável, garantir segurança nos produtos. Aspectos Ambientais: Minimizar as perdas e emissões, proteger a biodiversidade, utilizar energia e materiais renováveis, utilizar energia e recursos de forma eficiente, minimizar o uso de substâncias tóxicas OECD (2013, p. 4).

Para que ocorra a sustentabilidade em produtos, processo e serviços, estes tem como desafio não apenas os relacionados com suas funções e desempenho como também ao meio ambiente, economia e questões sociais. Empresas interessadas em desenvolver produtos sustentáveis devem se sensibilizar com relação à sustentabilidade no contexto de normas, projetos e técnicas de manufatura e ferramentas (NIST, 2013, p. 1).

Sistemas de produção sustentáveis, conforme Vileva *et al* (2001, p. 448), devem atender a uma série de princípios e boas práticas já difundidas, como a economia de recursos materiais, energia e água, somadas a novas regras, principalmente voltadas à dimensão social. No Quadro 1, está descrita a lista de aspectos fundamentais para melhorar a sustentabilidade das empresas.

Quadro 1 – Princípios da Produção Sustentável

Dimensão	Descrição
Produtos e Serviços	<ul style="list-style-type: none"> ● Produtos e serviços devem ser brandos ao meio ambiente e seguros através de seu ciclo de vida; ● Produtos e serviços devem ser desenhados para serem duráveis, reparáveis, recicláveis, compostáveis e facilmente biodegradáveis; ● Produtos e serviços devem ser produzidos e empacotados com uma quantidade mínima de materiais e energia.
Processos	<ul style="list-style-type: none"> ● Os desperdícios devem ser produzidos e empacotados com uma quantidade mínima de materiais e energia; ● Substâncias químicas e agentes físicos que representam ameaças à saúde e ao meio ambiente devem ser continuamente eliminados; ● Energia e materiais devem ser conservados, além do uso de energia e materiais mais apropriados ao objetivo final; ● O local de trabalho deve ser desenhado para minimizar continuamente ou eliminar ameaça química, ergonômica e física.
Trabalhadores	<ul style="list-style-type: none"> ● Seus trabalhos devem ser organizados para conservar e melhorar a eficiência e criatividade; ● Sua segurança e bem-estar é uma prioridade; ● São encorajados e auxiliados para continuamente desenvolver seus talentos e capacidade; ● Sua participação no processo de decisão deve ser incentivada.
Comunidade	<ul style="list-style-type: none"> ● Comunidades relacionadas a qualquer fase do ciclo de vida são respeitadas e melhoradas economicamente, socialmente, culturalmente e fisicamente.
Stakeholders	<ul style="list-style-type: none"> ● A viabilidade econômica do aumento contínuo do consumo de materiais e energia deve ser parte integrante do planejamento estratégico e da administração corporativa.

Fonte: Vileva *et al* (2001, p. 451).

A associação de engenheiros alemães (VDI 4070, 2006; *apud* ARAUJO, 2010, p. 20), em sua diretiva sobre gestão sustentável, também elaborou uma lista dos principais benefícios advindos da produção responsável para os diferentes *stakeholders* em relação ao *Triple Bottom Line* (TBL), Quadro 2. A produção sustentável é uma das preocupações da gestão sustentável.

Quadro 2 – Benefícios da Gestão Sustentável aos *Stakeholders* em relação ao TBL

Stakeholders	Dim. Econômica	Dim. Ambiental	Dim. Social
Consumidores	Entrega de “valor por dinheiro”	Proteção do meio ambiente durante a fase de uso	Retenção de consumidores por imagem positiva
Empregados	Mão de obra qualificada e motivada	Menor impacto na saúde e segurança	Boas condições de trabalho e satisfação ajudam a reter bons funcionários
Fornecedores	Parceiros de negócio confiáveis e compartilhamento de informações	Integração de aspectos ambientais em produtos e processos	Fornecimento confiável e segurança no trabalho
Acionistas	Investimento atrativo	Investimentos atrativos para “investidores verdes”	Investimentos atrativos para “investidores conscientes socialmente”
Fornecedores de capital	Termos favoráveis	Redução do risco devido à abordagem de prevenção	Trabalhos seguros por efeito da minimização de risco
Autoridades	Procedimentos simplificados	Requerimentos reduzidos	Boa comunicação e coordenação
Público em geral	Imagem de empresa de vanguarda	Imagem positiva de companhia responsável ambientalmente	Imagem positiva de companhia responsável socialmente

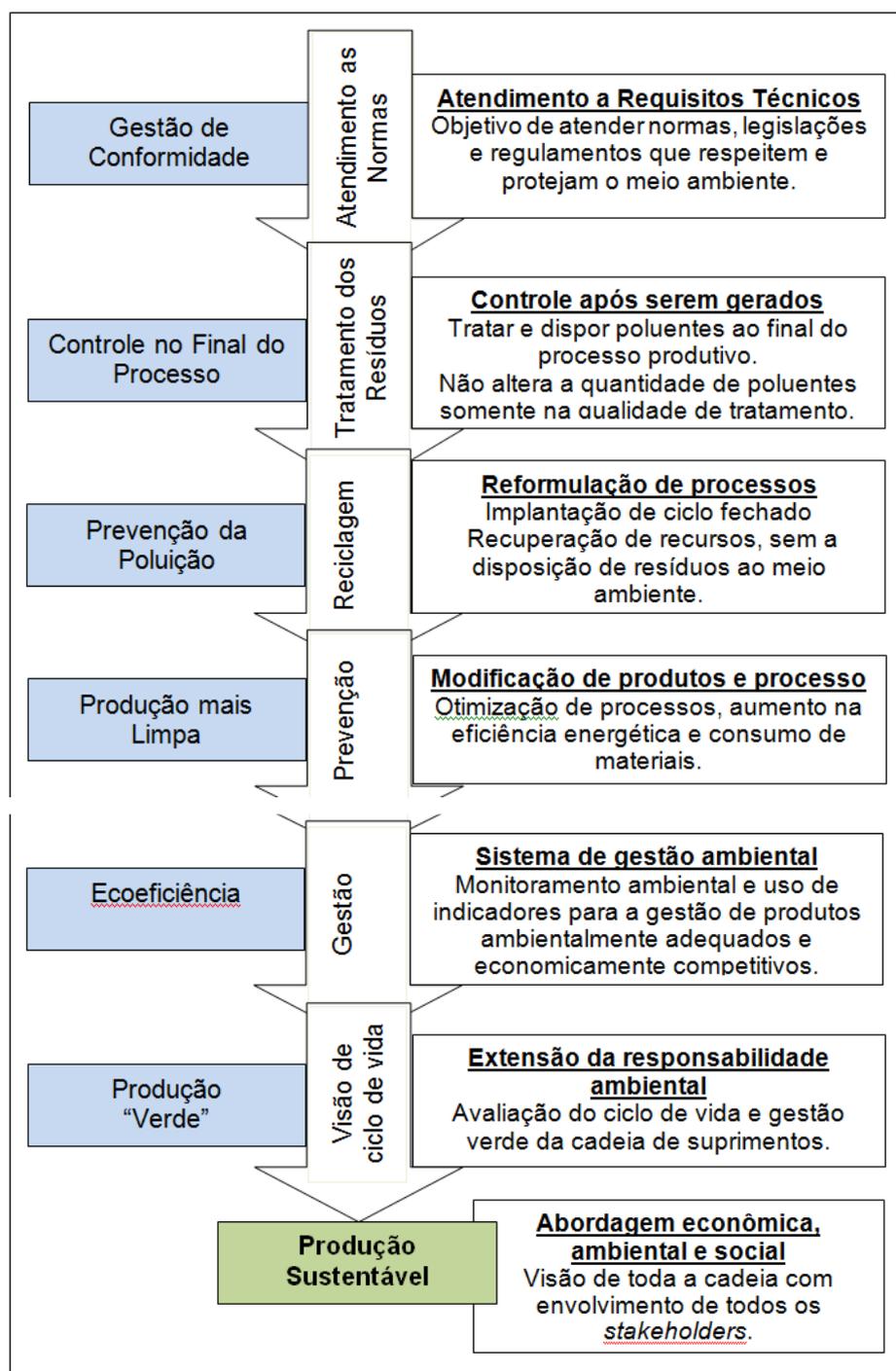
Fonte: VDI 4070 (2006) *apud* ARAUJO (2010, p. 21).

– Resumo da evolução dos “modelos” de produção industrial sob a ótica da sustentabilidade

Na Figura 7 mostra um resumo da evolução dos “modelos” de produção aqui apresentados, com suas principais características com a finalidade de identificar suas diferenças, porém um modelo é naturalmente uma evolução e/ou aprimoramento do modelo anterior. Nessa figura pode ser observado que o

primeiro modelo surgiu com a necessidade apenas de atender a legislação e normas, sendo que sua evolução tendeu a envolver todos os *stakeholders* ao longo de toda a sua cadeia, isto é, atendendo os requisitos de sustentabilidade nas suas dimensões econômica, ambiental e social.

Figura 7 – Visão da evolução e das práticas de produção com objetivo da sustentabilidade.



Considerações finais

A partir da década de 1970 as questões ambientais começaram a vir a tona com relação aos processos industriais provenientes de normas e legislações pertinentes, já na década de 1980 a consciência ambiental dos consumidores começou a pressionar com relação a seus produtos e serviços mais amigáveis ao meio ambiente. Com a crescente pressão de governo e da sociedade com fatores que contribuem para o aquecimento global, a escassez de matérias-primas assim como na preservação dos direitos humanos o conceito de sustentabilidade foi tomando mais espaço na mídia e nas legislações.

Qualquer negócio tem a responsabilidade de não causar danos conscientemente a indivíduos de seus fornecedores ou demais parceiros comerciais. Os negócios são também parte de uma comunidade maior, geralmente, integrada no tecido econômico e social de uma região. Cada vez mais as organizações estão reconhecendo sua responsabilidade social com as comunidades locais, ajudando-as a promover seu bem-estar social e econômico (SLACK *et al*, 2002, p. 695).

Também é importante entender que assuntos mais abrangentes como a responsabilidade ambiental estão intimamente relacionados a decisões corriqueiras tomadas por gerentes de produção. Decisões operacionais durante o projeto de produtos e serviços afetam de maneira significativa a utilização de materiais em curto prazo, assim como em longo prazo. O desenho do processo de produção influencia a proporção de energia e mão de obra que são desperdiçadas, e também a produção de resíduo. O planejamento e controle podem afetar a sobra de materiais, mas também afetam o desperdício de energia e mão de obra. É claro que esforços de melhorias são focados, em sua maioria, na redução dos desperdícios. Este é o ponto onde há coincidência feliz entre as preocupações ambientais e aquelas normais da administração da produção. Reduzir os desperdícios em todas as suas formas não só é recomendável do ponto de vista ambiental, como também permite economia para a organização (SLACK *et al*, 2002, p. 699).

Desta forma, como foi verificado nesse trabalho, o “modelo” de produção está convergindo para a Produção Sustentável, que é um nome formal para uma nova maneira de fazer negócios e criação de valor. Ele está por trás de muitos dos produtos sustentáveis (TBL), e este processos de demanda é reconhecido atualmente. Empresas de todos os tipos já estão envolvidos em iniciativas e inovações que estão ajudando a promover um ambiente mais saudável, não apenas ambientalmente, como também mais justo socialmente, isto tudo é visto pelas empresas como uma forma de aumentar a sua vantagem competitiva, reduzir os riscos, construir a confiança, impulsionar o investimento, atrair clientes e gerar lucro.

Referências

ALMEIDA, C. V. B.; GIANNETTI, B. F.; BONILLA, S. H. Engenharia e Meio Ambiente. São Paulo: UNIP, 2010.

ARAUJO, J. B. Desenvolvimento de método de avaliação de desempenho de processos de manufatura considerando parâmetros de sustentabilidade. Tese de Doutorado da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2010

BANSAL, P.; ROTH, K. Why companies go green: a model of ecological responsiveness. The Academy of Management Journal, Vol. 43 No. 4, p. 717-736, 2000.

BARBIERI, J. Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, Modelos e Instrumentos. São Paulo. Saraiva. 2006.

CAMSTAR. Manufacturing Compliance. Disponível em <http://www.camstar.com/resources/glossary/manufacturing-compliance/> Acessado em 15 Mar. 2015.

DANIEL, S. E.; DIAKOULAKI, D. C.; PAPPIS, C. P. Operations research and environmental planning. European Journal of Operational Research. V. 102, p. 248-263, 1997.

DEIF, A. M. A system model for green manufacturing. Advances in Production Engineering & Management v. 6, no. 2, p. 27-36. 2011.

EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - United States. Pollution Prevention (P2) – Basic Information, 1980. Disponível em <http://www.epa.gov/p2/pubs/basic.htm> Acessado em 28 ago 2013.

FEI, L.; LEI-TING, L.; HUS-JUN, C. State of the art and some development strategies of Green manufacturing. Annual meeting of Mechanical Engineering Society. Dalian, China, 2004.

GANG-FU, L.; ZHI-FENG, L.; GANG, L. Green design & Green Manufacturing. China Machine Press, p. 157-158, 2000.

GUELERE, F. A. Contribuições para gestão ambiental em micro, pequena e média empresa de manufatura. Dissertação de mestrado apresentada a Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos, 2005.

HORBACH, J. Determinants of environmental innovation – new evidence from German panel data sources. *Research Policy*, Vol. 37 No. 1, p. 163-173, 2008.

HUOVILA, P. KOSKETA, L. Contribution of the principles of Lean Construction to meet the Challenges of Sustainable Development. IGLC – International Group for lean Constrution. 1998.

ITA - International Trade Administration – How does Commerce define Sustainable Manufacturing? Disponível em: http://www.trade.gov/competitiveness/sustainablemanufacturing/how_doc_defines_SM.asp Acessado em 3 Mar. 2015.

KALPAKJIAN, S. Manufacturing engineering and technology. Upper Saddle Rive: Prentice Hall. 2001

KLASSEN, R. D.; WHYBARK, D. C. The impact of environmental technologies on manufacturing performance. *Academy of Management Journal*, v. 42, n. 6, p. 599- 615, 1999.

LABUSCHAGNE, C.; BRENT, A. C.; VAN ERCK, R. P. G. Assessing the sustainability performances of industries. *Journal of Cleaner Production*. v. 13, p. 373-385, 2005.

LELE, S. Getting serious about Green Manufacturing. 2009. Disponível em <<http://www.frost.com/prod/servlet/market-insight-print.pag?docid=188029142>> Acessado em 16 Set 2013.

LEMOS, A. D. C. A produção mais limpa como geradora de inovação e competitividade: O caso da Fazenda Cerro do Tigre. Dissertação de mestrado apresentada à Escola de Administração - UFRGS. Porto Alegre. 1998.

Lowell Center for Sustainable Production. What Is Sustainable Production? Disponível em <<http://www.sustainableproduction.org/abou.what.php>> Acessado em 15 Mar. 2015.

NIST – National Institute of Standards and Technology. Overview of sustainable manufacturing. Disponível em <http://www.mel.nist.gov/msid/SSP/introduction/manufacturing.html> Acessado em: 26 ago. 2013.

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development. Sustainable Manufacturing Toolkit: seven steps to environmental excellence. Disponível em: <<http://www.oecd.org/innovation/green/toolkit/48704993.pdf>> Acessado em: 31 Ago. 2013.

OLIVEIRA, F. Ecoeficiência- A Gestão do Valor Ambiental. São Paulo: Editora EPSE, 2007.

PAL, U. Identifying the path to successful green manufacturing. *The Journal of the Minerals, Metal & Materials Society (JOM)*, v. 54, no. 5, p. 25, 2002.

PMI – Project Management Institute. Um Guia do conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos. 3º. Ed. 2004.

- PORTER, M. E.; LINDE, C. Green and Competitive. Ending the Stalemate. Harvard Business Review. September-October, 1995.
- REVISTA QUIMICA. P + L Brasil assume compromisso com a Produção Mais Limpa. Disponível em < <http://www.quimica.com.br/revista/qd407/pl1.htm>> Acessado em 07 Nov. 2013.
- ROARTY, M. Greening business in a market economy. European Business Review. v. 97. n. 5, p. 244-254. 1997.
- RUSINKO, C. A. Green Manufacturing an evaluation of environmentally sustainable manufacturing practices and their impact on competitive outcomes. IEEE Transactions on Engineering Management, v. 54, n. 3, p. 445-454, 2007.
- SAHA, M.; DAMTON, G. Green companies or Green companies: are companies really Green, or are they pretending to be? Business and Society Review. v. 110, n. 2, p. 117-157, 2005.
- SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Implementação de Programas de Produção mais Limpa. CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas. Porto Alegre, 2003.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da produção. 2o. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SEURING, S. Industrial ecology, life cycles, supply chains – differences and interrelations. Business Strategy and the Environment, Vol. 3 No. 5, p. 306-319, 2004.
- SEURING, S.; MULLER, M. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management”, Journal of Cleaner Production, Vol. 16 No. 15, p. 1699-1710, 2008.
- UNCED – United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, Brazil. Agenda 21 – Programme of Action for Sustainable Development. New York: United Nations, 1992
- UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Cleaner Production. A training resource package. Paris: UNEP, 1996.
- VELEVA, V.; HART, M.; GREINER, T.; CRUMBLEY, C. Indicators of sustainable production. Journal of Cleaner Production. v. 9, p. 447-452, 2001.
- VISSER, W. A. M-T. Sustainability reporting in South África. Corporate Environmental Strategy. v. 9, n. 1, p. 79-85, 2002.
- WBCSD – World Business Council for Sustainable Development. Eco-efficiency creating more value with less impact. Geneva: WBCSD, 2001.
- WCED – World Commission on Environment and Development. Our common future. Oxford: Oxford University Press, 1987.