

PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO COM EDUCAÇÃO AMBIENTAL: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE FABRICAÇÃO DE BORRACHA

Geraldo Cardoso de Oliveira Neto
geraldo.prod@ig.com.br
UNINOVE

Luiz Eduardo de Carvalho Chaves
luizchaves@hotmail.com
UNINOVE

Resumo: Na evolução do Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP) e as suas ferramentas coadjuvantes, tais como o MRP, MRP II, ERP, OPT, JIT, presenciado nos últimos anos, vários têm sido os artigos publicados em periódicos nacional e internacional alertando pela necessidade de se estudar tais conteúdos sempre no âmbito estratégico e econômico das organizações. Sob este contexto, constatou-se por meio de entrevista e observação participante a necessidade atual e tendência para o avanço quanto ao aprimoramento do processo da gestão da produção frente à sustentabilidade. O presente artigo apresenta como objetivo geral mostrar como o (PPCP) tende a evoluir para a entronização de conceitos de educação ambiental. Para isso estudou-se o as atividades essenciais do (PPCP) com educação ambiental em uma empresa de fabricação de borracha. O fator relevante é a implementação da reciclagem de poliuretano no processo produtivo sob a responsabilidade do PPCP, bem como mostrar-se-á a convergência do desenvolvimento econômico e a sustentabilidade como uma questão paradigmática, no contexto da preservação ambiental. Para alcançar o objetivo proposto foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os temas de interesse, seguida de um estudo de caso na empresa Pentec Industrial pioneira e líder em tecnologia antidesgaste no Brasil. Além disso, avaliar-se-á as vantagens

econômicas e as vantagens ambientais. As vantagens ambientais foram mensuradas por meio do método Wuppertal.

Palavras Chave: PPCP - Produção Mais Limpa - Reciclagem - Vantagem economica - Vantagem ambiental

1. INTRODUÇÃO

A revolução industrial, a partir de 1760, que se consolidou na Inglaterra e se espalhou pela Europa e Estados Unidos da América no século XIX, produzia bens em larga escala sem a preocupação ambiental em um ciclo aberto. Especificamente, na primeira e segunda guerra mundial o que prevalecia eram os objetivos individuais de cada país, muitas vezes econômicos com a finalidade de estabelecer monopólios. Desde então a principal preocupação dos empresários está no aperfeiçoamento de técnicas para a produção visando o atendimento do mercado e conquista de maior lucratividade nos negócios.

Em 1950 e 1960, o Planejamento e Controle da Produção (PCP) ganha destaque nas organizações impulsionando melhorias nos processos fabris de atendimento a clientes, resultando em cognição de planos para a tomada de decisão em relação ao prazo com enfoque no que, como e quando produzir. Em 1970, Joseph Orlick nos EUA, desenvolve o MRP (*Material Requeriment Planning*), que evolui para o MRP II (*Manufacturing Resource Planning*), cujas principais características estão na determinação do Plano Mestre de Produção (PMP), em que se detalham tempos, materiais e classificação de itens pais e filhos. O MRP II tornou-se um padrão importante no PCP, tendo evoluído para os sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*), que suporta as atividades dos diversos processos de negócios que se desenvolviam nas empresas, devidos à globalização e novas formas de organizar o trabalho. A partir daí, o paradigma de puxar a produção, focadas as necessidades de mercado impõe um ambiente *just in time*, com redução de desperdícios, *layout* celular, operador multifuncional, *set up* reduzido, logística apurada e qualidade total.

Porém, nas últimas décadas do século XX, surge a preocupação de caráter amplo e geral sobre a preservação da natureza em que a grande tarefa parece estar em convencer os empresários a praticar a produção com educação ambiental, com o intuito de promover uma grande mudança de cultura, já que a predominante consiste, muitas vezes, em focar somente em resultados econômicos se esquecendo dos efeitos colaterais da maneira como produz seus produtos, agredindo de forma irreversível o meio ambiente. Segundo Mano (2005), no início do século XXI, a sociedade depara-se com problemas inexistentes para as gerações anteriores, principalmente o da poluição ambiental, que consiste na alteração das propriedades naturais do meio ambiente, que é prejudicial à saúde, à segurança ou ao bem-estar da população sujeita aos seus efeitos. Braga *et al*, (2005) reforça que a poluição é uma alteração indesejável nas características físicas, químicas ou biológicas da atmosfera, litosfera ou hidrosfera.

Giannetti e Almeida (2006) elucidam que, de acordo com a Agência de Proteção Ambiental (Environmental Protection Agency – EPA), um programa de prevenção à poluição deve considerar: a) 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; b) desenvolvimento de novas técnicas que auxiliem na implantação de programas de prevenção à poluição; e, c) a implantação de ciclos fechados de reciclagem.

Esse artigo visa disseminar o modelo de Planejamento e Controle da Produção com educação ambiental aplicado em uma empresa de fabricação de borracha. Esse modelo mostra-se imprescindível para a tomada de decisão em operações visando o uso ecoeficiente dos materiais por meio da reciclagem no sistema produtivo, além de proporcionar vantagens econômicas e ambientais. O ganho ambiental foi mensurado fundamentado no cálculo de intensidade de material.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nessa seção será conceituado sobre a inserção da educação ambiental no sistema produtivo e o framework de Planejamento e Controle da Produção com Educação Ambiental.

2.1. INSERÇÃO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO SISTEMA PRODUTIVO

Esse tópico visa mencionar a necessidade de considerar a educação ambiental intrínseca na administração da produção.

Fundamentado na Carta de Belgrado, os funcionários das organizações precisam se ater aos objetivos da educação ambiental, visando disseminar: conscientização e sensibilidade sobre os problemas ambientais; conhecimento sobre o meio ambiente em relação a influencia do homem; atitudes e valores para participação; habilidades para participação ativa; capacidade crítica de avaliação e participação responsável e de urgência em relação as questões ambientais (Barbieri e Silva, 2011). O objetivo central da educação ambiental é motivar o envolvimento e ação do ser humano na resolução de problemas ambientais (Intergovernmental Conference on Environmental Education, 1977). A concepção da Educação ambiental deve ser abordada aos profissionais cujas atividades e decisões geram repercussões significativas sobre o meio ambiente, como administradores, engenheiros, economistas, desenvolvedores de produtos, formuladores de política pública, entre outros (Barbieri e Silva, 2011).

Porém a alta administração das organizações deve buscar a adoção de práticas ambientais na governança corporativa (IBGC, 2006), no qual visa à implementação da gestão ambiental em prol da sustentabilidade, que enfatiza a necessidade de partilhar o entendimento comum e não conflituoso entre desenvolvimento econômico e proteção ambiental, tanto para o momento presente quanto para as gerações futuras (Tachizawa e Andrade, 2008), além de considerar a harmonização de objetivos sociais, ambientais e econômicos nas decisões (Veiga, 2005), de tal forma que as organizações invistam recursos financeiros na sustentabilidade, visando o controle das emissões de resíduos na fonte (Oliveira Neto *et al.*, 2009).

Sendo assim a gestão ambiental é parte da administração que reduz os impactos das atividades econômicas sobre a natureza (Pearson, 2011), por meio de diretrizes desde o planejamento, alocação de recursos e controle, a fim de obter efeitos positivos sobre o meio ambiente, quer reduzindo quer eliminado os danos causados pelas ações humanas (Barbieri, 2007), que deve estar presente em todos os projetos organizacionais, principalmente os que visam à disseminação da educação ambiental para os *stakeholders* (Pearson, 2011). Visando a transformação da consciência ambiental dos envolvidos levando à mudança de valores e comportamentos em favor das gerações futuras.

É importante estabelecer metodologia de recursos humanos para capacitação em educação ambiental visando *Empowerment*, trabalho em equipe e participação, além de impulsionar o comprometimento da governança corporativa e de todos os *stakeholders* por meio de treinamentos para conscientização a fim de identificar de maneira completa e clara, os responsáveis pelos assuntos socioambientais na empresa (Furtado, 2005 e Yuksel, 2007), visando à formação de ecotimes responsáveis no desenvolvimento de projetos sustentáveis e alinhamento e monitoramento para geração de ideias entre os envolvidos nesses projetos (Nevens *et al.*, 2008). Além de disseminar informações sobre os aspectos ambientais e sociais nos fluxos e processos gerais da empresa (Nielsen e Muller, 2009). Para a integração funcional de conhecimento sobre a sustentabilidade, com consciência ambiental, tecnologias limpas, conhecimento tecnológicos e implementação das práticas no sistema produtivo, flexível e adaptativo (Shin *et al.*, 2008).

Portanto, é preciso harmonizar o discurso da educação ambiental, destacando a oportunidade de capacitar pessoas a se concentrar na resolução de problemas socioambientais



(Strife, 2010). Possibilitando conhecer a complexidade dos componentes de materiais e suas interligações a fim de facilitar o entendimento do impacto ambiental e poderão desenvolver produtos que restrinja tais materiais (Nielsen e Muller, 2009). A educação ambiental não visa apenas inspirar cidadania responsável, mas principalmente capacitar pessoas para proteger a sociedade de hoje e as condições de sobrevivência futura (Strife, 2010). Por meio de situações de aprendizagens, nos quais os envolvidos têm a oportunidade de explorar, analisar e interpretar as ações humanas em situações de vida real (Kyburz-Graber, 2006).

2.2. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO COM EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Neste tópico apresentar-se-á o modelo de Planejamento, Programação e Controle da Produção com educação ambiental.

O foco tradicional do ponto de re-encomenda e lote mínimo, importante para a manufatura em massa visava apenas empurrar a produção (Burbidge, 1988). A preocupação fundamental estava no desenvolvimento de plano agregado (Buxey, 2005). Na identificação do item pai e de todos os componentes para buscar flexibilidade na programação da produção (Orlicky, 1975; Wight, 1984; Goover, 1987; Stevenson *et al*, 2005). Com a implementação da tecnologia da informação a programação se tornou facilitada, possibilitando o planejamento dos recursos materiais para a produção - MRP (Vollmann *et al*, 1997). Tendo evoluído ainda para o planejamento de recursos da organização - ERP (Davenport, 1988). Possibilitando melhorar o horizonte de planejamento e disponibilidade de produtos no mercado de maneira puxada conforme as necessidades dos clientes em just in time (Ohno, 1988 e Orlicky, 1975).

Portanto o PCP ao longo dos anos foi grande propulsor de inovações para o atendimento do mercado e crescimento da lucratividade empresarial onde visa-se apenas produzir e atender o mercado custe o que custar, esse período denominado “era da continuidade” (DRUCKER, 1969), no qual a relevância maior estava em “ter”, negligenciava-se os recursos naturais e a responsabilidade social. A evolução do sistema natural e social faz com que as empresas selecionem novas formas de organizar o trabalho e adapte-as ao processo produtivo, principalmente no suprimento e fornecimento (Nielsen e Muller, 2009, Allen *et al*, 1999, Tainter *et al*, 2003).

Na atualidade o PCP, precisa produzir com educação ambiental atrelado ao desenvolvimento sustentável. Nesse período denominado “era da descontinuidade” (DRUCKER, 1969), não adianta “ter” muito capital é preciso “ser” sustentável, isso repercute a temática do desenvolvimento sustentável, com o objetivo de satisfazer as necessidades e aspirações humanas, segundo a Comissão Mundial de Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD, 1991) o desenvolvimento sustentável é um processo de transformação no qual na exploração de recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações humanas.

O desenvolvimento não pode ser amesquinçado somente como crescimento econômico, conforme RIVERO (2002) são os gurus do mito do desenvolvimento que têm uma visão quantitativa do mundo, ignoram os processos histórico-culturais, o progresso não linear da sociedade, as abordagens éticas, e até prescindem dos impactos ecológicos. Giannetti e Almeida (2006) complementa que “os princípios da economia tradicional levam os sistemas industriais a um estado de máxima entropia, no qual os materiais explorados atravessam o sistema e são dissipados no ambiente de forma altamente degradada e de pouco ou nenhum uso para o próprio sistema”.

Segundo Dias (2010) o desenvolvimento sustentável é visto como um paradigma no ultimo decênio do século XX, consolida-se como uma nova visão de desenvolvimento que

não envolve somente o ambiente natural, mas também inclui aspectos socioculturais numa posição em destaque, revelando que a qualidade de vida dos seres humanos passa a ser a condição para o progresso. Oliveira Neto *et al*, (2010) enfatizam sobre as mudanças incrementais que vem ocorrendo no sistema produtivo a fim de torná-lo limpo, resultando na redução da poluição e também melhorias na vantagem competitiva em empresas que processam produtos e serviços com responsabilidade socioambiental.

Para isso é necessário planejar a infraestrutura para o controle das operações e a também estruturar o projeto e o sistema de produção para tornar a Manufatura Limpa. Yuksel (2007) aponta que é necessário considerar as questões ambientais no Planejamento e Controle da Produção de maneira flexível e adaptativa ao sistema produtivo. Para isso avalia-se a programação da produção, levantam-se os problemas ambientais, e processam-se mudanças na programação.

Entende-se por infraestrutura o conjunto de elementos estruturais que enquadram e suportam toda uma estrutura, possui concepções diferenciadas em diversas áreas do conhecimento, além disso, visa controlar as operações (Azzolini Jr., 2004). Segundo Oliveira Neto *et al* (2010) os elementos infraestruturais são:

1) Implementar estratégia de recursos humanos, a fim de disseminar educação ambiental, com isso é possível estimular os funcionários à atitudes socioambientais e inclusive tornar-se multiplicadores (Oliveira Neto *et al*, 2010a). “Formando ECO TIMES” (Nevens *et al*, 2008). Para instruir e disseminar conceitos sobre economia ambiental, ecologia geral e aplicada, meio ambiente e qualidade de vida, avaliação dos impactos ambientais, desenvolvimento sustentável, legislação ambiental, empreendimentos ecológicos e auditoria e certificação ambiental (Andrade, 2000).

2) Inserir na gestão da qualidade da empresa a gestão ambiental, objetivando implementar a ISO 14000 nos processos organizacionais (Oliveira Neto *et al*, 2010a). A evolução da gestão ambiental empresarial alinhada à estratégia da empresa seguiu caminho similar ao da qualidade (Barbieri e Cajazeira, 2009). Esse elemento preocupa-se com os aspectos e impactos ambientais de qualquer modificação do meio ambiente, tendo como responsabilidade o comprometimento da alta gerência e todos os empregados, promover treinamentos, conscientização, competências com uma comunicação ao pessoal envolvido, e assegurar o fornecimento de um nível apropriado de recursos para garantir a implementação e manutenção do sistema de gestão ambiental;

3) Estabelecer no plano estratégico da empresa a estreita relação entre (PPCP) enxuto e a Produção Mais Limpa (Oliveira Neto *et al*, 2010a). Com o objetivo de reduzir desperdícios no sistema produtivo, além de otimizar o tempo (Vais *et al*. 2006). Para isso é importante estabelecer estudo e descrição do sistema produtivo como um todo (Nevens *et al*, 2008). Por meio de análises qualitativas e quantitativas dos fluxos com a finalidade de economia de materiais a fim de conhecer as vantagens econômicas e ambientais (Nielsen e Muller, 2009). Com o objetivo de otimizar o processo produtivo, possibilitando “produzir mais com menos”, com foco na qualidade dos recursos naturais (água, ar e solo), maximizando o ciclo biológico (Nevens *et al*, 2008). Outro aspecto importante consiste na implementação de MRP ambiental, que permite gerar relatórios de volume de resíduos gerados em relação à quantidade produzida, permitindo estabelecer a gestão dos resíduos (Krajewski, 2009);

4) Disseminar conscientização ambiental na empresa, a fim de envolver a estrutura para a implementação do PCP com educação ambiental (Oliveira Neto *et al*, 2010a). Estimulando as pessoas a serem portadoras de soluções e não apenas de denúncias, embora estas devam ser as primeiras atitudes diante dos desmandos socioambientais (Barbieri, 2007).

Azzolini Jr. (2004) relata que, para estruturação da produção frente a uma nova estratégia competitiva, deve-se levar em conta as decisões que envolvam projetos no sistema de produção. Os autores acrescentam a engenharia simultânea, no qual recentemente agregou-se mais um participante o engenheiro ambiental. Segundo Oliveira Neto *et al*, (2010a) os elementos estruturais são:

1) Considerar como objetivo de desempenho da produção a Produção Mais Limpa(Oliveira Neto *et al*, 2010a). A produção tem por objetivo satisfazer a seus stakeholders formando um pano de fundo para todo o processo decisório da produção, os objetivos de desempenho tradicionais da produção visam atender o mercado com qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e com menor preço (Slack *et al*, 2007). A preservação do meio ambiente se tornou critério de desempenho desejável no sistema produtivo, de tal forma que a ausência desses possa comprometer a competitividade da empresa no mercado (Tubino 2007, Angel e Klassen, 1999, Jiménez e Lorente, 2001, Furlanetto, 2007, Jabbour e Santos, 2009 e Oliveira Neto *et al*, 2010a). Refletindo a imagem de empresa confiável, segundo Contador (2008), frente à competitividade.

A Produção mais Limpa é aplicação de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos e emissões geradas, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômica (SENAI, 2003). É importante relatar que não são consideradas parte da Produção Mais Limpa o tratamento de efluentes, a incineração e até a reciclagem de resíduos fora do processo de produção, pois não implicam na diminuição na fonte e sim de maneira reativa e corretiva. A P+L prioriza os esforços dentro de cada processo isolado, colocando a reciclagem externa entre as últimas opções a considerar (Giannetti e Almeida, 2006).

A reciclagem visa preservar matérias-primas e economizar energia no processo produtivo (Moura, 2000). Além de ser a solução ideal para o controle da poluição no meio ambiente. Ocorre quando a recuperação dos resíduos for técnica e economicamente viável e higienicamente utilizável, e quando as características do material forem respeitadas (Mano *et al*, 2005). Resultando para as organizações em vantagens econômicas, por resultar em aumento de eficiência em relação ao consumo de recursos e ganhos ambientais devido ao uso ecoeficiente de materiais diretos e indiretos (SENAI, 2003).

2) Projetar as instalações industriais para o atendimento às necessidades dos clientes (Oliveira Neto *et al*, 2010a) que incluem: arranjo físico fabril de máquinas e equipamentos com tecnologias limpas (Yuksel, 2007), permitindo utilizar totalmente os insumos, sem a geração de resíduos (Giannetti e Almeida, 2006), reduzir ou eliminar os resíduos de embalagens na fonte possibilitando melhorar a limpeza na manufatura (Thrane *et al*, 2009), redução de movimentações de pessoal na produção e nas redes de operações, além de estabelecer localização geográfica estratégica, que evite desperdício de tempo e combustível, próximo às rodovias, a fim de aumentar a responsividade e reduzir o nível de CO² na atmosfera (Gaither e Frazier, 2002);

3) Planejar a capacidade produtiva com enfoque no desenvolvimento sustentável (Oliveira Neto *et al*, 2010a) a fim de planejar o máximo da capacidade produtiva em condições normais de operação e por um determinado período de tempo (Lewis e Slack, 2003) visando crescer economicamente em prol do desenvolvimento sustentável (Veiga, 2005). O Desenvolvimento Sustentável é um tema que as classes dirigentes da nossa região não poderão adiar sob pena de sofrer graves conflitos internos e sérias dificuldades internacionais (Sunkel, 2001).

4) Estratégia de processo visando tornar o sistema produtivo limpo, para isso sugere-se considerar na estratégia em operações a produção mais limpa como rotina do PCP com educação ambiental (Oliveira Neto *et al*, 2010a). A “Produção Mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia integrada de preservação ambiental e processos, produtos e serviços, para aumentar a eficiência de produção e reduzir riscos para o ser humano e o ambiente, intrínsecos ao sistema produtivo” (GIANNETTI e ALMEIDA, 2006);

5) Implementação de tecnologia limpa na estrutura operacional, isso incluem máquinas de anexo numérico, de controle numérico, de robôs, de controle da qualidade ambiental, de sistemas automáticos de identificação, de controles automatizados do processo, que reduzem o descarte de efluentes ou outros resíduos e maximiza a qualidade do produto, bem como o uso de matéria prima e energia (Oliveira Neto *et al*, 2010a). A tecnologia limpa é um processo aplicado à fabricação e manufatura que reduz a produção de efluentes ou outros resíduos, maximiza a qualidade do produto, bem como minimiza o uso de matéria prima e energia (Giannetti e Almeida, 2006). Com o objetivo de reduzir ou eliminação das emissões poluidoras geradas (Thrane *et al*, 2009);

6) Considerar o processo de homologação de terceiros e fornecedores certificados pela ISO 14001:2000. O objetivo principal visa transformar o caráter linear do sistema industrial em um sistema cíclico, no qual matérias-primas, energia e resíduos sejam sempre reutilizados (Oliveira Neto *et al*, 2010a). A analogia com os ecossistemas permite um passo além: fechar os ciclos de materiais e energia com a formação de uma ecorrede, que “imita” os ciclos biológicos fechados. A ecologia industrial propõe, portanto, fechar os ciclos, considerando que o sistema industrial não apenas interage com o ambiente, mas é parte dele e dele depende (Gianetti e Almeida, 2006);

7) Planejamento e desenvolvimento de produtos ambientalmente corretos a fim de estabelecer critérios ambientais no desenvolvimento de produtos. Desta maneira as organizações precisam formar grupos a fim de avaliar todos os produtos, componentes ou matérias-primas utilizados, a fim de selecionar categorias de produtos para identificar o de menor impacto ambiental, além disso, é necessário considerar aspectos de eco-design a fim de identificar e cotar produtos recicláveis, que permitam o reuso e a remanufatura (Oliveira Neto *et al*, 2010a). Sendo assim é imprescindível considerar a análise do ciclo de vida dos produtos a fim de conhecer o tempo de vida útil, podendo estabelecer o uso de componentes recicláveis na composição dos produtos para a reutilização de partes e peças e a redução do uso de recursos naturais no sistema produtivo (Yuksel, 2007). Com o objetivo principal de substituir recursos escassos naturais por recursos renováveis para a produção (Shin *et al*, 2008).

3. MÉTODO DE PESQUISA

Conforme Yin (2003) o que justifica a utilização do método de estudo de caso único é o fato de preencher as condições exigidas para testar os objetivos propostos no trabalho. Segundo Eisenhardt (1989) o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa focada em compreender a dinâmica presente em cada cenário. Estudos de caso normalmente combinam métodos de coleta de dados, como arquivos, entrevistas, questionários e observações. As evidências podem ser qualitativas (por exemplo: palavras), quantitativas (por exemplo: números), ou ambas. Yin (2003) relata que desta maneira é possível criar as condições adequadas para a compreensão, a contestação ou a confirmação da teoria, sendo um elemento chave para estudos exploratórios. Gil (2002) complementa que a pesquisa exploratória desenvolve: (a) levantamento bibliográfico; (b) levantamento de dados técnicos sobre o estudo pesquisado; (c) análise e apresentação de exemplos que estimulem a compreensão.

Os instrumentos de coleta de dados utilizados foram entrevistas semi estruturada e observação direta e participante. Segundo Bogdan e Biklen (1992) a observação participante e

a entrevista semi estruturada são os instrumentos mais comuns da pesquisa qualitativa e que melhor apresentam suas características. Geralmente quando a pesquisa parte da observação participante constitui “uma poderosa técnica da metodologia qualitativa” (McCracken, 1991, p.7). Por meio desta é possível compreender “a importância da linguagem e das histórias na vida de uma pessoa como meios para seu conhecimento e sua compreensão” (SEIDMAN, 1991). A entrevista “provê acesso ao contexto do comportamento da pessoa e, desse modo, fornece [...] um modo de compreender o significado desse comportamento” (SEIDMAN, 1991).

Nesse estudo foi realizada entrevista semi estruturada e observação participante em uma empresa de fabricação de borracha que decidiu produzir com educação ambiental e adotou o *framework* de planejamento e controle da produção com educação ambiental no sistema produtivo, considerando o processo de reciclagem de poliuretano em ciclo fechado. Para isso, foi elaborado testes e os ensaios necessários a fim de compor uma tabela com dados técnicos e reais com o objetivo de utilizar 100% dos resíduos gerados como carga de enchimento na produção de matéria prima.

Por meio dos dados coletados na entrevista foi possível determinar a quantidade de materiais reciclados no processo de fabricação. Evidentemente esses materiais quanto reciclados não são dispostos no meio ambiente dando origem ao estudo sobre as vantagens ambientais, mensuradas pelo método Wuppertal (2008).

O método, desenvolvido pelo Instituto Wuppertal, pode avaliar as mudanças ambientais associadas à extração de recursos de seus ecossistemas naturais. Desta forma, para suprir com um fluxo de material um sistema, uma quantidade maior de material foi previamente processada em vários compartimentos ambientais. Os compartimentos são classificados em: abiótico, biótico, água e ar. Segundo Odum (1998) o ecossistema é composto de compartimentos bióticos e abióticos com interação entre si, o compartimento biótico consiste no conjunto de todos os organismos vivos como plantas e decompositores, o compartimento abiótico é o conjunto de fatores não vivos de um ecossistema, mas que influenciam no meio biótico, consiste na temperatura, pressão, pluviosidade de relevo, entre outros. A quantidade total de material de cada compartimento que foi processado para suprir um dado material denomina-se Intensidade de Material. Para determinar a Intensidade de Material, o fluxo de entrada de massa (expresso nas unidades correspondentes) é multiplicado pelo fator MIF (mass intensity factors) que corresponde à quantidade de matéria necessária para produzir uma unidade de fluxo de entrada. Os valores de MIF usados no presente trabalho estão na Tabela 1.

Tabela 1 - Fatores de Intensidade de Material usados no presente trabalho

	Fatores de Intensidade de Material			
	Abiotic matter	Biotic matter	Water	Air
Poliuretano: PU (g/g) ^a	7,52		532,4	3.420
Energia elétrica ^a	2,67		37,9	0,640

Fonte: Wuppertal, 2008 ^a dados da Europa

4. ESTUDO DE CASO

A empresa pesquisada é pioneira e líder em tecnologia antidesgaste no Brasil, além de consolidar os produtos de linha, aprimora-os e desenvolve novos produtos, mantendo em seu plantel um departamento de Engenharia e Assistência Técnica a altura dos seus 35 anos de experiência. Todo seu processo produtivo é rastreado e 100% acompanhado pelo Planejamento, Programação e Controle da Produção (PCP). Na atualidade a organização conta com 30 funcionários de produção e 2 planejadores da produção e decidiu adotar a educação



ambiental intrínseca nas ações e rotinas no PCP visando à reciclagem de poliuretano no sistema produtivo. Para isso, a organização teve que investir em infraestrutura e estrutura. Porém os dados mostram que mesmo com o investimento é possível obter maior lucratividade, principalmente porque o resíduo de poliuretano gerado é reciclado em sua totalidade e utilizado, nas condições técnicas, como carga de enchimento na produção de borracha.

A diretoria decidiu estabelecer mudanças incrementais na infraestrutura para a concepção de educação ambiental na produção de bens, considerando a necessidade de capacitar os funcionários em educação ambiental visando em longo prazo a certificação ISO 14001, buscar assimetria entre os princípios e práticas de reciclagem no sistema produtivo a fim de estimular a conscientização dos envolvidos e contratar engenheiro ambiental.

Primeiramente, foi decidido que o departamento de recursos humanos fosse o principal propulsor e disseminador de capacitação ambiental para os funcionários em relação à mudança de práticas e princípios na produção, principalmente os ingressantes sob a ótica da sustentabilidade, com o objetivo de formar eco times capacitados para agir e disseminar aspectos regulatórios, informações sobre impactos ambientais em relação aos resíduos industriais gerados e formação de auditores ambientais, visando a certificação ISO 14001. A organização objetivou que as informações de preservação da natureza atinxissem as famílias dos funcionários a fim de disseminar aspectos que motivem a ação de práticas em prol da sustentabilidade para a comunidade onde estão inseridas.

A empresa ainda não desenvolveu um setor de gestão ambiental certificado ISO 14000, mas já inseriu no plano estratégico que pretende implementar nos próximos três anos. O que justifica o entrevistado é que a organização obteve vantagens econômicas com a implementação do processo de reciclagem, tornando a manufatura limpa, mas que primeiro precisa pagar o investimento com os equipamentos. Além disso, efetuou a contratação de engenheiro ambiental com formação em química para estabelecer os testes e os ensaios em relação ao uso do poliuretano como carga de enchimento na produção de borracha. Com isso permitiu estimar a viabilidade técnica no uso de poliuretano no composto de borracha conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados técnicos da colocação do pó de poliuretano em composto de borracha

TESTES	PADRÃO	PADRÃO +		
		2015		*
		5%	10%	15%
Dureza Shore A	65	65	59	61
Modulo 300%	26	24	24	19
Ruptura Kg/cm ²	118	73	65	58
Alongamento %	833	713	720	736
Rasgo g/cm	33	28	29	27
Abrasão mm ³	137	95	103	103
P.E. g/cm ³	1,34	1,29	1,28	1,27

* Poliuretano micronizado visto a olho “nu”. Fonte: Oliveira Neto et al (2010b)

O poliuretano e o composto de borracha, não são compatíveis. Praticamente o poliuretano se comporta como uma carga neutra ao ser incorporado no composto de borracha. Conforme vai se adicionando o poliuretano micronizado, começa a se tornar visível a olho, dando uma impressão de má dispersão, tornando-se um limitador (Oliveira Neto *et al*, 2010b).

Outros aspectos relacionado as propriedades mecânicas são relatados: (i) há um início de queda na dureza, mas não é comprometedora; (ii) no módulo de ruptura, alongamento e rasgo ocorre uma perda de propriedade conforme se aumenta a quantidade de poliuretano micronizado; (iii) no peso específico há um decréscimo, o que para a borracha é bom, pois são

vendidas por peças ou volume; (iv) como o poliuretano é elastomérico apresenta excelente resistência à abrasão, seu pó manteve esta propriedade, desgastando menos o composto; (v) Em linhas gerais a quantidade máxima a ser utilizada em uma formulação de borracha será de 10%, onde não há um comprometimento das propriedades mecânicas que visualmente não será notada (Oliveira Neto *et al*, 2010b).

Ao longo de três meses desenvolveu-se infraestrutura contando com pessoas capacitadas em princípios e práticas ambientais na rotina de planejamento e fabricação de produtos de borracha, além contratar um engenheiro ambiental que desenvolveu estudo técnico visando à reciclagem de resíduos de poliuretano intrínseco no sistema produtivo para a estruturação da produção frente a uma nova estratégia competitiva.

Para a estruturação do ambiente operacional para a produção mais limpa a organização investiu em tecnologia limpa, uma máquina para micronização dos resíduos gerados. A tecnologia limpa é um processo aplicado à fabricação e manufatura que reduz a produção de efluentes ou outros resíduos, maximiza a qualidade do produto, bem como minimiza o uso de matéria prima e energia (Giannetti e Almeida, 2006). Com o objetivo de reduzir ou eliminação das emissões poluidoras geradas (Thrane *et al*, 2009).

No processo de manufatura de poliuretano projetaram-se as instalações para estabelecer a reciclagem no próprio sistema produtivo. Esse processo é chamado de micronização onde os refugos de poliuretanos internos ou não são inspecionados e, se necessário, limpos (retirada de terra, matéria estranha, etc.). Em seguida são colocados em uma máquina para serem granulados, que é a trituração de forma a ficar com tamanhos de partícula em torno de 6 a 8 mm. Após este processo, os granulados serão colocados em uma máquina micronizadora, que irá passar os grânulos de 8 mm para 0,9 mm. Nestas condições, isentos de umidade e matéria estranha, estão prontos para serem utilizados como matéria-prima em compostos de borracha.

É importante salientar que não são consideradas na Produção Mais Limpa o tratamento de efluentes, a incineração e até a reciclagem de resíduos fora do processo de produção, pois não implicam na diminuição na fonte e sim de maneira reativa e corretiva (Giannetti e Almeida, 2006). Na Figura 1 apresenta-se o sistema produtivo desde a matéria-prima até a reciclagem.

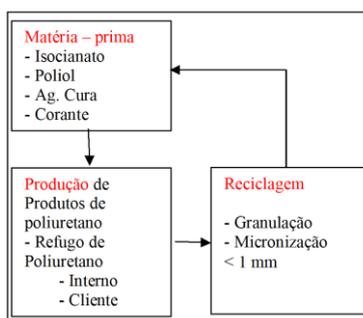


Figura 1. Processo da matéria-prima à reciclagem (elaborado pelos autores)

A organização passou a planejar a capacidade produtiva com enfoque no desenvolvimento sustentável (Oliveira Neto *et al*, 2010a), considerando na estratégia de processo a reciclagem de resíduos em ciclo fechado.

Ocorreram mudanças incrementais na rotina do PCP que planeja o processo sob encomenda, sendo assim as atividades essenciais do PPCP inicia-se no pedido de compras, com o apoio do MRPII. Primeiro, com base nos dados do sistema no que tange a data de entrega estabelecer as prioridades, em seguida ocorre a emissão das ordens de produção de

maneira agregada, a fim de evitar retrabalhos e desperdícios de tempos e materiais. Nesse processo o sistema MRPII analisa as quantidades em estoque, aloca os materiais existentes, e gera-se as necessidades de compras. A mudança incremental está no processo de cotação de compras, no qual visa-se além de negociar menor custo, qualidade e prazo de entrega, objetiva-se homologar fornecedores com certificação ISO 14000. Segundo o entrevistado se trata de um novo ganhador de pedidos, que permite exigir dos fornecedores educação ambiental, formando uma ecorrede.

Segundo o entrevistado a organização pretende desenvolver um setor para o planejamento e desenvolvimento de produtos ambientalmente corretos, visando estabelecer a análise do ciclo de vida para a destinação correta no final da vida útil do produto a fim de estabelecer a logística reversa de reuso e remanufatura dos compostos de borracha, já que constatou-se a possibilidade de reciclar 100% dos resíduos gerados na transformação de matéria prima.

4.1. VANTAGEM ECONÔMICA

A empresa tem o processo de fabricação de poliuretano e borracha em na mesma planta fabril, facilitando a implementação de reciclagem no sistema produtivo. A micronização do poliuretano foi feita sem a necessidade de contratação de mão de obra operacional, bastando um rearranjo operacional e de layout. Porém foi necessário o investimento em infraestrutura no que tange os custos de R\$ 15.000,00 para a contratação do SENAI para ministrar cursos de capacitação profissional em educação ambiental e contratação de engenheiro ambiental com salário bruto anual de R\$ 48.000,00 incluindo os encargos trabalhistas para desenvolver os testes e em longo prazo estabelecer estudos visando o desenvolvimento de produtos ecologicamente correto principalmente com enfoque na disposição final dos produtos no final da vida útil.

A organização também investiu em estrutura em relação a compra do equipamento para micronização no valor R\$ 100.000,00. Buscou-se no mercado equipamento com motores trifásicos com selo PROCEL com inversores de frequência de economia de energia. O selo Procel tem por objetivo indicar os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética do mercado, proporcionando assim economia de energia elétrica. Os inversores de frequência são equipamentos de baixo custo para o controle da velocidade de motores de indução trifásicos, o que gera uma economia de energia sem prejudicar a qualidade final do sistema. A grande vantagem de utilização de inversores é que além de gerar economia de energia também reduz o custo de instalação do sistema. Foi demonstrado através de testes que estes motores apresentam uma redução de 30%.

É importante ressaltar que o motor trifásico convencional instalado no equipamento de micronização consumiria 6.524.935 kW por ano com custo anual de energia elétrica estimado em R\$ 1700,00 e o motor trifásico com selo PROCEL com inversores de frequência consome 4.567.454 kW por ano com custo anual de R\$ 1190,00, mostrando melhor rentabilidade financeira e maior ganho ambiental.

A empresa em estudo tem a capacidade produtiva de atender o mercado anualmente em: 180 toneladas de poliuretano e 1000 toneladas de borracha. O refugo de poliuretano gerado no processo produtivo é de 10 toneladas por ano, também a organização recolhe 8 toneladas de refugo de poliuretano dos clientes.

Conforme já citado a produção anual da borracha é 1000 toneladas, após os testes constatou-se a possibilidade de adicionar na fabricação do composto de borracha inferior, que corresponde a 200 toneladas anualmente, 5% de poliuretano micronizado, isto é, 10 toneladas.

Para a fabricação do composto de borracha mais nobre adiciona-se em 800 toneladas 1% de poliuretano micronizado, isto é, 8 toneladas.

As vantagens econômicas depois da implementação da reciclagem no sistema produtivo (Tabela 3) são de R\$ 35.810,00 por ano. Constatou-se economia na substituição da matéria-prima por pó de poliuretano anual em 0,65%. Uma informação relevante é que depois da implementação da reciclagem no sistema produtivo não há a necessidade de pagar para o recolhimento do refugo, que era destinado para aterros sanitários.

Tabela 3 – Vantagem econômica na implementação do projeto

Antes da Implementação da Reciclagem				Depois da Implementação da Reciclagem		
Descrição	Custo Ton - despesas	Consumo Anual	Total R\$	Descrição	Adicionar PU Ton	Total R\$
Composto de Borracha nobre	6000,00	800	4.800.000,00	Composto de Borracha nobre	8	48.000,00
Composto de Borracha inferior	3500,00	200	700.000,00	Composto de Borracha inferior	10	35.000,00
Recolhimento do Refugo	-	-	2000,00	Recolhimento do Refugo	-	2000,00
				Salário + Encargos do Engenheiro ambiental		(48000,00)
				Consumo de EE	-	(1190,00)
				Ganhos econômicos depois		35 810,00
				Ganhos econômicos em %		0,65%
Custo total antes da implementação			5.502.000,00			

Fonte: autores

Como mencionado no início desta seção a empresa comprou equipamentos específicos para a reciclagem de PU, investiu R\$ 100.000,00 e R\$ 15.000,00 (MO para capacitação do SENAI). Possibilitando desenvolver o cálculo de retorno sob o investimento (ROI), conforme Martins (2000), a análise do (ROI) consiste na melhor maneira de se avaliar um grau de sucesso de um empreendimento através da divisão do lucro obtido em um período de tempo dividido pelo investimento, nesse calcula-se o valor percentual. Também é possível analisar o período de (ROI), nesse divide-se o valor do investimento pelo lucro obtido. Acompanhe os cálculos:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Lucro Líquido anual}}{\text{Investimento}} = \frac{\text{R\$ 35.810,00}}{\text{R\$ 115.000,00}} = 31\% \text{ por ano.}$$

$$\text{Período de ROI} = \frac{\text{Investimento}}{\text{Lucro Líquido anual}} = \frac{\text{R\$ 115.000,00}}{\text{R\$ 35.810,00}} = 3 \text{ anos e 2 meses.}$$

Portanto com o lucro anual obtido é possível retornar o capital investido 31% por ano, isso significa que em 3 anos e 2 meses retorna-se todo o capital investido nos equipamentos para reciclagem de PU, depois passa-se a ter um faturamento líquido de R\$ 35.810,00 anual.

4.2. VANTAGEM AMBIENTAL

Na Tabela 4 é possível observar que o processo de reciclagem em ciclo fechado do poliuretano leva a uma expressiva economia de material em escala global, resultando no reaproveitamento de 18 toneladas de poliuretano, que corresponde a 135,36 toneladas de material no nível abiótico, a 9.583,2 toneladas na água e 61,56 toneladas no ar. Porém, a implementação do equipamento de micronização com motor trifásico (selo PROCEL) com inversor de frequência resultou em consumo de energia elétrica, que entra na tabela como impacto ambiental negativo em relação ao nível abiótico (121,95 Ton.), água (1.731 Ton.) e ar (29,23 Ton.).

Tabela 4 – Intensidade de Material

	Fatores de Intensidade de Material			
	Abiotic matter	Biotic matter	Water	Air
Poliuretano: PU (g/g) ^a	135360		9583200	61560
Aumento no consumo de energia elétrica ^b	(121951)		(1731065)	(29231)
Vantagem ambiental	13409		7852135	32329
Soma MIF Líquido	78.978,73 Toneladas.			
Poliuretano economizado (18 toneladas por ano) ^a e Consumo Energia Elétrica (4.567.454 kW ano) ^b				

Fonte: autores

Os dados mostram que mesmo com o impacto negativo no que tange o consumo de 4.567.454 kW por ano foi possível contabilizar vantagem ambiental, resultando na redução do impacto ambiental em 134,09 toneladas no nível abiótico, 7.852,13 toneladas na água e 32,32 toneladas no ar, contribuindo com a sustentabilidade.

Os benefícios financeiros pelo reaproveitamento de 18 toneladas de poliuretano durante um ano correspondem a R\$ 35.810,00. Se for definida a razão (material economizado/dinheiro economizado), ele muda de 0,50 considerando só o poliuretano reaproveitado para 2,20 considerando a soma dos fatores de intensidade de material líquido quando é considerado o material de todos os compartimentos. No primeiro caso, cada real economizado corresponde a 0,50 kg de material. Quando se considera a escala global, por cada real, há um benefício de 2,20 kg de material que não é modificado nem retirado dos ecossistemas.

5. CONCLUSÃO

Este artigo mostrou como uma empresa de fabricação de artefatos de borracha que atende o mercado sob encomenda implementou a infraestrutura e estrutura do Planejamento, Programação e Controle da Produção com educação ambiental.

Os aspectos infraestruturais consistem na implementação estratégica do departamento de recursos humanos para a disseminação da educação ambiental, estabelecendo assim treinamentos para os ingressantes com o objetivo que se tornem multiplicadores de informação para seus familiares e comunidade. Além disso, contratou um engenheiro ambiental formado em química para estabelecer os testes no uso do resíduo de poliuretano na fabricação de borracha, que ao longo de três meses e vários ensaios chegou a conclusão que dentro das condições técnicas de proporção em relação a acoplagem do resíduo micronizado na matéria prima virgem é possível a efetividade de 100% no processo. Relatou-se também que em três anos, após a quitação do investimento na tecnologia limpa e do custo de capacitação em educação ambiental pelo SENAI no valor de R\$ 115.000,00, irá melhorar a infraestrutura desenvolvendo um setor de gestão ambiental visando a certificação ISO 14000.

Para a estruturação do PCPEA a organização projetou as instalações e investiu em tecnologia limpa com o menor consumo de energia possível o montante de R\$ 100.000,00, visto que não adiantava reciclar e reusar os resíduos de poliuretano na fabricação de borracha com um equipamento convencional de micronização, o impacto seria maior, resultando em desvantagem ambiental, além disso, a empresa considera a produção mais limpa como objetivos de desempenho, que na ausência deste poderá prejudicar os objetivos tradicionais, por exemplo, vários clientes associam a qualidade do produto com aspectos de preservação da natureza, também alguns consumidores verdes pagam mais caro para obter produtos ecológicos. Outro aspecto relevante é que a organização passou a homologar fornecedores certificados ISO 14000, considera esse atributo como um ganhador de pedido no momento da decisão da compra permitindo empregar o conceito de ecorrede, visando a redução do impacto ambiental próprio e da rede de fornecedores, além de ter a pretensão de atingir a comunidade

por meio dos funcionários e clientes em relação à importância do desenvolvimento sustentável.

O que merece destaque na estruturação da reciclagem em ciclo fechado gerenciado pelo PCP é a possibilidade de vantagem econômica e ambiental, por exemplo, com o processo de reciclagem de 18 toneladas por ano obteve-se um ganho financeiro de R\$ 34.810,00, que representam 0,62 % de economia, nos compartimentos corresponde a 135,36 toneladas de material no nível abiótico, a 9.583,2 toneladas na água e 61,56 toneladas no ar.

É importante frisar que a compra do equipamento de micronização resultou em consumo de energia, e se o engenheiro ambiental não fizesse os cálculos em relação ao impacto desse consumo de energia elétrica para o meio ambiente teria incorrido de desvantagem ambiental. Por meio dessa análise foi possível constar que para resultar em vantagem ambiental seria preciso comprar o equipamento de micronização com selo PROCEL com inversores de frequência a fim de reduzir o consumo em relação ao equipamento convencional em 30%.

Assim foi possível mesmo com o impacto negativo no que tange o consumo de 4.567.454 kW por ano foi possível contabilizar vantagem ambiental, resultando na redução do impacto ambiental em 134,09 toneladas no nível abiótico, 7.852,13 toneladas na água e 32,32 toneladas no ar, contribuindo com a sustentabilidade.

Portanto, se for definida a razão (material economizado/dinheiro economizado), ele muda de 0,50 considerando só o poliuretano reaproveitado para 2,2 considerando o material de todos os compartimentos. No primeiro caso, cada real economizado corresponde a 0,50 kg de material. Quando se considera a escala global, por cada real, há um benefício de 2,20 kg de material que não é modificado nem retirado dos ecossistemas.

6. REFERÊNCIAS

ALLEN, T.F.H; TAINTER, J.A.; HOEKSTRA, T.W. Supply-side sustainability. *Systems Research and Behavioral Science* 16, 1999, pp.403-427.

ANDRADE, R.O.B; TACHIZAWA, T; CARVALHO, A.B. Gestão Ambiental – enfoque estratégico Aplicado ao Desenvolvimento Sustentável, São Paulo: Editora Makron Books, 2000, pp. 217-224.

ANGELL, L. C.; KLASSEN, R. D. Integrating environmental issues into the mainstream: an agenda for research in operations management. *Journal of Operations Management*, v. 17, n. 5, 1999, p. 575-598.

AZZOLINI Jr, W. Tendência do Processo de Evolução dos Sistemas de Administração da Produção. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 2004

BARBIERI, J.C. Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos. 2ª Ed. atual e ampliada, São Paulo: Saraiva, 2007.

BARBIERI, J.C ; CAJAZEIRA, J.E.R. (2009). Responsabilidade social empresarial e empresa sustentável: da teoria à prática. São Paulo: Saraiva, 2009.

BARBIERI, J.C; SILVA, D. Desenvolvimento sustentável e educação ambiental: uma trajetória comum com muitos desafios. *RAM, VER. ADM Mackenzie*, V.12, n.3, 2011.

BOGDAN, Robert, BIKLEN, Sari. *Qualitative Research for Education: an Introduction to Theory and Methods*. 2nd. ed. Boston: Allyn and Bacon, 1992.

BRAGA, Benedito et al. *Introdução à engenharia ambiental*. 2ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BURBIDGE, J.L. *Planejamento e Controle da Produção*. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 1988.

BUXEY, G. Aggregate Planning for seasonal demand: reconciling theory with practice. *International Journal of Operation & Production Management*, Emerald Group Publishing Limited, United Kingdom. vol. 25, n.11, 2005, pp.1083-1100.

CONTADOR, J.C. *Campos e armas da competição: novo modelo de estratégia*, São Paulo: Saint Paul Editora, 2008.

- COMISSÃO MUNDIAL PARA O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO – CMMAD.** Nosso Futuro Comum. 2.ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991.
- DAVENPORT, T.H.** Putting the enterprise into the enterprise system. *Harvard Business Review*, 1998, pp. 121-131.
- DIAS, Reinaldo.** Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade. 1ª edição. São Paulo: Atlas, 2010.
- DRUCKER, P.** Uma era de Descontinuidade: orientação para uma sociedade em mudança. 3ª edição, Rio de Janeiro: Zahar editores, 1969.
- EISENHARDT, K. M.** Building Theories from Case Study Research. *Academy of Management Review*, v. 14, n. 4, 1989, pp. 522-550.
- FURLANETTO, E.L.** Estratégia competitiva e estratégia de produção: uma revisão nos objetivos competitivos das empresas. Anais do IX ENGEMA – Encontro Nacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. Curitiba, 2007.
- FURTADO, J.S.** Sustentabilidade Empresarial. Guia de práticas econômicas, ambientais e sociais, Bahia, 2005, pp. 142- 174.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G.** Administração da Produção e operações. 8ª ed., São Paulo: Thomson Learning, 2002, pp. 96 -221.
- GIANNETTI, B.F. ALMEIDA, C.M.B.V.** Ecologia Industrial: Conceitos, ferramentas e aplicações. São Paulo, Editora Edgard Blücher, 2006.
- GIL, A.** Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4ª ad. São Paulo, Atlas, 2002.
- GROOVER, E.M.** Automation priduction system and computer integrated manufacturing. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1897, p. 808.
- IBGC INSTITUTO BRASILEIRO DE GOVERNANÇA CORPORATIVA.** Uma década de governança: história do IBGC, marcos da governança e lições da experiência. São Paulo: Saraiva, 2006.
- Intergovernmental Conference on EE.** Final report. Retrieved May 11, 2008 from <http://unesdoc.unesco.org/images/0003/000327/032763eo.pdf>, 1977.
- JABBOUR, C. J. C; SANTOS, F. C. A.** Sob os ventos da mudança climática: desafios, oportunidades e o papel da função produção no contexto do aquecimento global. *Revista Gestão & Produção*, São Carlos, v. 16, n. 1, 2009, p. 111-120.
- JIMENEZ, J. B. L.; LORENTE, J. J. C.** Environmental performance as an operations objective. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 21, n. 12, 2001, p. 1553-1572.
- KRAJEWSKI, L.J.** Administração de produção e operações. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009, pp. 258 -294.
- KYBURZ-GRABER, R; HEFFER, K & WOLFENSBERGER, B.** Studies on a socio-ecological approach to EE: Acontribution to a critical position in the education for sustainable development discourse. *EE Research*, n.12, 2006, pp. 101-114.
- LEWIS, Michael; SLACK, N.G.** Operations management: critical perspectives on business and management. Routledge: New York, 2003.
- NBR ISO 14001:2000.** Associação brasileira de Normas técnicas. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- NEVENS, F., DESSEIN, J., MEUL, M., ROGGE, E., VERBRUGGEN, I., MULIER, A., PASSEL, S.V., LEPOUTRE,J., HONGENAERT, M.** ‘On tomorrow’s grounds’, Flemish agriculture in 2030: a case of participatory translation of sustainability principles into a vision for the future. *Journal of Clean Production*. N.16, 2008, pp.1062-1070.
- NIELSEN, S.N.; MULLER, F.** Understanding the functional principles of nature-proposing another type of ecosystem services. *Ecological Modelling*, 2009, pp.1913-1925.
- McCRACKEN, Grant.** The Long Interview. 5th print. Newbury Park: Sage, 1991.
- MANO, E. B; PACHECO, E.B.A.V.; BONELLI, C.M.** Meio ambiente, poluição e reciclagem. 1ª ed. – São Paulo: Edgard Blucher, 2005.
- MARTINS, E.** Contabilidade de custos. 7ª ed., São Paulo: Atlas, 2000.
- MOURA, Luiz Antônio Abdala de.** Economia Ambiental: gestão de custos e investimentos: São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 2000.
- ODUM, E.P.** Ecologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan AS, 1998.
- OHNO, T.** Just in time for today and tomorrow. Productivity Press, Cambridge, Mass,1988, pp. 145.



OLIVEIRA NETO, G.C; AZZOLINI JUNIOR; Walther; BONILLA, Silvia.H. Do avanço do Planejamento, programação e Controle da Produção como atividades essenciais da empresa à educação ambiental. Revista Uniara, v. 13, nº 1, 2010^a.

OLIVEIRA NETO, G.C; VENDRAMETO,O; SACOMANO, J.B. Convergências entre Desenvolvimento Econômico e Sustentável: uma Questão Paradigmática. 2º SIDEPRO – Simpósio sobre redes de empresas e cadeias de fornecimento e 8º REDEPRO – Redes de empresas e cadeia de fornecimento. São Paulo, 2009.

OLIVEIRA NETO, G.C; CHAVES, L.E; VENDRAMETTO, O. Vantagens econômicas e ambientais na reciclagem de poliuretano em uma empresa de fabricação de borracha. Revista Exacta, V.8, nº1, 2010 b, p.65-80.

ORLICKY, J. Material Requirements Planning. McGraw-Hill, New York, 1975, p. 292.

PEARSON EDUCATION DO BRASIL. Gestão ambiental. São Paulo: Person Prentice Hall, 2011.

RIVERO, Oswaldo de. O mito do desenvolvimento. Os países inviáveis no século XXI. Petrópolis. ed. Vozes, 2002.

SHIN, D., CURTIS.,M., HUISING.,D., ZWETSLOOT, G.I. Development of a sustainability polity model for promoting cleaner production: a knowledge integration approach. Journal of Clean Production, n 16, 2008, pp.1823-1837.

SLACK, NIGEL.; CHAMBERS, STUART.; JOHNSTON, ROBERT. Administração da Produção. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007, pp. 1 -525.

SUNKEL, Osvaldo. “A sustentabilidade do desenvolvimento atual” in: ARBIX, Glauco, Mauro Zilbovicius & Ricardo Abramovay (orgs). Razões e ficções do desenvolvimento: São Paulo: Editora UNESP & EDUSP, 2001.

SEIDMAN, I. E. Interviewing as Qualitative Research. A Guide for Researchers in Education and the Social Sciences. New York: Teachers College/Columbia University Press, 1991.

SENAIRS. Implementação de Programas de Produção mais Limpa. Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENA-RS/UNIDO/INEP, 2003.

STEVENSON, M.; HENDRY, L.C.; KINGSMAN, B.G. A review of production planning and control: the applicability of key concepts to the make-to-order industry. International Journal of Production Research, v. 43, n.5, 2005, pp. 869-898.

STRIFE, S. Reflecting on Environmental Education: Where Is Our Place in the Green Movement. The Journal of Environmental Education, v. 41, n.3, 2010, pp. 179-191.

TACHIZAWA, T. e ANDRADE, R.O.B. Gestão Socioambiental: estratégia na nova era da sustentabilidade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008, pp. 217-224.

TAINTER, J.A, ALLEN, T.F.H., LITTLE, A., HOEKSTRA, T.W. Resource transitions and energy gain: contexts of organization. Conservation Ecology, 2003, pp. 73-87.

THRANE, M., NIELSEN, E.H., CHRISTENSEN, P. Clean Production in Danish fish processing – experiences, status and possible future strategies. Journal of Clean Production 17, 2009, pp.380-390.

TSOULFAS, G.T., PAPPIS, C.P. A model for supply chains environmental performance analysis and decision making. Journal of Clean Production 16, 2008, pp. 1647-1657.

TUBINO, D.F. Planejamento e Controle da Produção – teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2007, pp. 1 – 13.

VAIS, A., MIRON, V., PEDERSEN, M., FOLKE, J. Lean and Green at a Romanian secondary tissue paper and board mill – putting theory into practice, Resources Conservations & Recycling, 2006, pp. 51-53.

VEIGA, José Eli da. “Desenvolvimento Sustentável: o desafio do século XXI”: Rio de Janeiro: Garamond, 2005.

VOLLMANN, T.E.; BERRY, W.L.; WHYBARK, D.C. Manufacturing Planning and Control System. 4. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1997.

WIGHT, O. Production and inventory management in the computer age. Van Nostrand Reinhold, New York, 1984, p. 284.

Wuppertal Institute. Calculating MIPs, resources productivity of products and services. Available from: http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wiberitrag/MIT_v2.pdf; [accessed April 2008]. Wuppertal Institute. Available from: http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wiberitrag/MIT_v2.pdf; [accessed April 2008].

YUKSEL, H. Na empirical evaluation of clean production practices in turkey. Journal of Clean Production 16S1, 2007, pp 50-57.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3. ed. São Paulo:Bookman, 2003.