

**(RE)ESTRUTURAÇÃO DO PROJETO DE PRODUTO POR MEIO DA PRODUÇÃO
MAIS LIMPA COMO ESTRATÉGIA PARA GESTÃO AMBIENTAL**

LUCIANA FIGHERA MARZALL

Mestranda em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria/ UFSM
lucimarzall@gmail.com

LUCAS ALMEIDA DOS SANTOS

Mestrando em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria/ UFSM
luksanttos@gmail.com

DANIEL LEMES GONÇALVES

Universidade Federal de Santa Maria/ UFSM
dlglemes@gmail.com

LEONI PENTIADO GODOY, DSc.

Universidade Federal de Santa Maria/ UFSM
leoni_godoy@yahoo.com.br

RESUMO

No atual contexto, as organizações necessitam (re)estruturar seus processos para se manterem competitivas no mercado e diminuir o impacto de suas ações sobre o meio ambiente. Neste contexto, uma gestão ambiental que se utilize da Produção mais Limpa (P+L) como estratégia de sustentação do negócio, tende a empregar de forma correta seus recursos na busca de inovações que aumentem seus níveis de produtividade e auxiliie na preservação da natureza. Metodologicamente, o presente artigo desenvolvido no ramo da metalurgia, desenha-se a partir do enlace entre teoria e prática, caracterizando-se como um estudo de caso de natureza quali-quantitativa e tem como objetivo a (re)estruturação do projeto de fabricação de antenas de Telecomunicações modelo “4Y25017-29S” por meio da Produção mais Limpa (P+L) como viabilizador do processo produtivo. Como principais resultados, observou-se uma otimização do emprego de matérias-primas de até 32% e uma redução de 73% do custo de transporte. A diminuição de etapas no processo produtivo decorrente da reestruturação do projeto e adequação da metodologia P+L possibilitou ter uma maior produtividade, atender a demanda dos clientes e diminuir os impactos causados sobre o meio ambiente.

Palavras-chave: Meio Ambiente. Produtividade. Custos. Produção mais Limpa

ABSTRACT

In the current context, organizations need to (re) structure their processes to remain competitive in the market and reduce the impact of their actions on the environment. In this context, an environmental management that use the Cleaner Production (CP) as business support strategy, tends to employ correctly their resources in pursuit of innovations that increase their productivity levels and assist in the preservation of nature. Methodologically, this article developed the metallurgy branch, it is drawn from the link between theory and practice and is characterized as a case study of qualitative and quantitative nature and aims to (re) structuring of the manufacturing project Model Telecommunications antennas "4Y25017-29S" through the Cleaner Production (CP) as enabler of the production process. The main results, there was an employment of raw materials optimization of up to 32% and a 73% reduction in transport costs. The reduction of steps in the production process resulting from the restructuring of the project and adequacy of the methodology CP have enabled greater productivity, meet customer demand and reduce impacts on the environment.

Keywords: Environment. Productivity. Costs. Cleaner Production

1. INTRODUÇÃO

Seguindo as novas tendências mundiais, as organizações a cada dia estão mais voltadas para o contexto da sustentabilidade. O Brasil não se difere dos demais países e suas empresas também estão integrando práticas sustentáveis à sua rotina. O mercado consumidor está demandando produtos mais versáteis, com menor custo e com maiores taxas de rendimento no emprego de insumos.

Devido à forte concorrência e ao mercado globalizado, os consumidores têm acesso a qualquer tipo de mercadoria e seus preços por meio da internet, o que faz com que alguns produtos de valores elevados e difícil logística sejam eliminados do mercado. Deste modo, as empresas precisam reformular suas ações e reestruturar suas estratégias sobre o que produzir e como produzir, gerando assim, produtos mais economicamente viáveis para o consumidor, além de otimizar a utilização de mão de obra e matérias-primas na elaboração dos mesmos.

Produtivamente as organizações necessitam empregar melhor seus recursos, de maneira a obter resultados mais eficazes e com menos dispêndio de materiais. Nesse sentido, a falta de uma gestão ambiental pode ocasionar um a geração de procedimentos de fabricação

danosos ao meio ambiente, produzindo resíduos em demasia e não oferecendo eficiência na ocupação da matéria-prima. Em síntese, pode-se dizer que, nestes casos, a organização que produz pouco consumindo muito, compromete seus recursos e aumenta o impacto sobre o meio ambiente, tendo baixa produtividade e ineficácia na gestão ambiental.

Aliado ao contexto do lucro, o aumento da produtividade na fabricação dos produtos atende a necessidade de preservação do meio ambiente, indo ao encontro do conceito da sustentabilidade. Assim, dentro das estratégias de gestão ambiental, pode-se analisar a Produção mais Limpa (P+L) como uma metodologia para auxiliar empresas a maximizar a eficiência na utilização dos insumos de produção. Através da P+L busca-se índices otimizados de produtividade, impulsionando as organizações à estudar seus processos de fabricação, com o objetivo de produzir mais itens, desperdiçando menos insumos e poluindo menos o ambiente.

A sustentabilidade será garantida pelo nível de produtividade que a organização é capaz de alcançar, uma vez que a busca por competitividade tem feito com que muitas organizações procurem alternativas que propicie um melhor desempenho, produzindo de forma ambientalmente correto, garantindo assim, a preservação dos recursos naturais e diminuição dos impactos ambientais causados pelo desperdício de materiais.

Diante do exposto, o presente estudo desenvolvido no ramo metal-mecânico, especificadamente numa indústria fabricante de antenas telecomunicações, situada na região central do Rio Grande do Sul e com atuação nacional, tem como objetivo a reestruturação do projeto de fabricação da antena de telecomunicações modelo “4Y25017-29S” por meio da Produção mais Limpa (P+L) como viabilizador do processo produtivo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir apresenta-se o referencial teórico pesquisado para dar embasamento à presente pesquisa, no qual serão abordados os temas Gestão Ambiental nas Empresas e Produção mais Limpa.

2.1 Gestão Ambiental nas Empresas

A gestão ambiental pode ser compreendida como o procedimento do alinhamento das ações antrópicas às forças e relutâncias possíveis ou existentes da própria natureza, transformando as ameaças do meio ambiente em riscos gerenciáveis (GRIFFTH, 2005). Em outras palavras, a gestão ambiental dentro das organizações está vinculado ao princípio do uso múltiplo dos recursos naturais, sendo definido como a aplicação de estratégias de planejamento para alcançar a produção máxima do uso racional dos recursos, gerando benefícios amplos (LOPES, 2007).

A eficiência no consumo de energia e redução de emissões de poluentes na fabricação de produtos são processos exigidos nas atividades desempenhadas dentro das organizações, uma vez que, quanto melhor for à gestão das ações ambientais, menor será o impacto que a mesma causará no meio ambiente, podendo, através de processos inovadores dos seus recursos tornar-se mais competitiva e reafirmar sua imagem frente à sociedade (BAI et al., 2015).

Considerando a preocupação com a preservação do meio ambiente, surgiram várias linhas de pesquisa abrangendo os aspectos ambientais, as quais foram enfatizadas por diferentes nomes, tais como: Ecodesign, Design para o Meio Ambiente, Projeto de Consciência Ambiental, Engenharia Verde, Design Sustentável ou Design para Sustentabilidade entre outros, que trabalham com temáticas similares (WAAGE, 2007; HOWARTH; HADFIELD, 2009; KARLSSON; LUTTROPP, 2006).

O foco gestão ambiental nas empresas está passando por uma mudança de paradigmas onde busca-se ter atitudes pró-ativas em relação à preservação do meio ambiente. No processo de produção das indústrias, ao invés de ter atitudes reativas, que são executadas com um único intuito de as cumprir as leis ambientais, busca-se tomar atitudes previamente ao aparecimento de problemas relacionados (SILVA, 2003).

Esta nova abordagem em relação ao meio ambiente gera uma atitude mais eficaz nas empresas, diminuindo o tempo de execução de ações de melhoria na preservação do planeta, o que baseado na cultura ambiental e não simplesmente no cumprimento de obrigações pode ser entendido por ética ambiental e está cada vez mais sendo trabalhada dentro das organizações. Este novo paradigma, gera diferentes comportamentos que influenciam a forma de executar as tarefas da rotina de trabalho, conforme destacado na Figura 1.

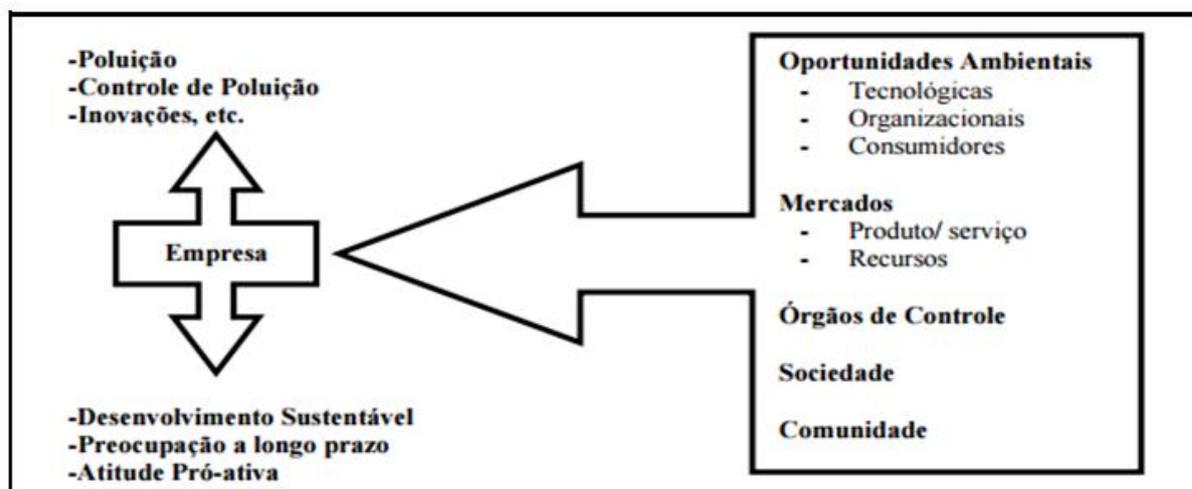


Figura 1 – Novo Paradigma Ambiental
Fonte: Silva (2003)

Diante do exposto na Figura 1 é perceptível como a questão ambiental interage no ambiente empresarial, influenciando suas ações. O paradigma da preservação do meio ambiente, além de modificar o comportamento das empresas, gera novas oportunidades de negócios, isso decorrente das mudanças propostas que impulsionam inovações e novas formas de executar o processo produtivo, gerando melhorias em produtos e processos.

Segundo Porter (1995), a gestão ambiental vem se tornando um fator adicional na competitividade das empresas. À medida que executam-se ações ambientais no empreendimento, pressupõem-se um aumento no potencial competitivo da mesma, pois a sociedade atual está exigindo que produtos e serviços estejam adaptados a esta realidade e que as organizações que não se adequem a esta nova tendência de mercado, provavelmente serão eliminados pela concorrência que adaptou-se mais rapidamente.

Apesar da Gestão Ambiental ser um fator de incremento à competitividade, ainda é pequeno o número de empresas adotam a Produção mais Limpa como estratégia para os processos organizacionais como forma de descobrir maneiras de melhorar a eficiência, minimizar o desperdício e reduzir os riscos relacionados com o ambiente (ORTOLANO, 2014). A literatura sobre gestão ambiental destaca a importância de existir regulamentos ambientais, percepções de futuros e regulamentos como vetores para a adoção da Produção mais Limpa e outras estratégias de preservação do meio ambiente (JOHNSTONE; LABONNE, 2009, LUKEN; VAN ROMPAEY, 2008).

Em suas atividades de gestão ambiental, uma organização deve avaliar a relevância e empregar abordagens e estratégias como do ciclo de vida, que visa reduzir os impactos ambientais de produtos e serviços e aumentar seu desempenho socioeconômico; avaliação de impacto ambiental antes de começar uma nova atividade ou projeto; produção mais limpa e eco eficiência, tornando eficiente o uso de recursos e gerando menos poluição e resíduos; uso de tecnologias e práticas ambientalmente saudáveis; práticas de compras sustentáveis, priorizando produtos ou serviços com impactos minimizados, fazendo uso de sistemas de rotulagem confiáveis, eficazes e com verificação externa (GOLDSTEIN, 2007).

Contudo, os governos, assim como as organizações privadas, estão se concentrando em difundir a filosofia da Produção mais Limpa através de programas e treinamentos relacionados ao assunto. A exemplo disso tem-se o desenvolvimento, por parte do governo Chinês, de um programa denominado “Economia Circular”, onde trata-se de um termo genérico para a redução, reutilização e atividades de reciclagem realizados no processo de circulação, consumo e produção (LEI CIRCULAR ECONOMY, 2008).

Além de ser um diferencial competitivo, a gestão ambiental estimula o aumento de produtividade na fabricação de produtos ou prestação de serviços (ROMM, 1996). Isso ocorre, pois através do aprendizado ambiental reflete-se sobre as formas de produzir mais utilizando-se menos recursos ou produzindo menos resíduo, o que torna o processo menos oneroso para a empresa e meio ambiente.

2.2 Produção mais Limpa (P+L)

Ao longo das últimas décadas, a Produção mais Limpa tem sido uma influência significativa na promoção do desenvolvimento sustentável e proteção ambiental dentro das organizações (SONG *et al.*, 2011). Neste sentido a UNEP (*United Nations Environment Programme*), baseada no relatório de *Brutland*, denominado “*Our Common Future*” desenvolveu o conceito de Produção mais Limpa, que foi formalizado na declaração “*International Declaration on Cleaner Production*” em 1998 (UNEP, 2015).

O conceito desenvolvido por esta instituição explicita que a Produção mais Limpa trata-se da aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada, aplicada a processos, produtos e serviços. O mesmo trás como premissa a otimização na utilização de

recursos na fabricação de produtos e prestação de serviços, minimizando o desperdício de materiais e geração de resíduos poluentes.

Apesar da multiplicidade de interpretações, os conceitos de Produção mais Limpa têm evoluído substancialmente e todas as definições de base sobre o pensamento seguem a seguinte linha: aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada para processos e produtos para reduzir o impacto ambiental; preservação de recursos naturais e energia, eliminando matérias-primas tóxicas, reduzindo emissões; reduzir impactos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida do produto; aplicação mediante especialização de processos e produtos, melhorando a tecnologia e mudança de atitudes (SILVESTRE et al., 2014, MATOS; SILVESTRE, 2013; HUISINGH *et al.*, 2013).

A Produção mais Limpa tem como foco principal a redução do uso de materiais tóxicos e poluentes nos processos de produção e a aplicação nos produtos em si. A filosofia da desta metodologia é extinguir o uso de materiais que podem prejudicar ecologicamente o meio ambiente, purificando o processo de produção das empresas (SILVA, 2003). Em outras palavras a Produção mais Limpa está presente em todas as fases do ciclo de vida de um produto ou um processo e devem ser abordadas com o objetivo de prevenir ou a minimizar em curto e longo prazo riscos ao meio ambiente (BAAS,1995).

Esta metodologia aponta para as cargas ambientais e econômicas de cada procedimento de fabricação, desde uma instalação do parque fabril até a fabricação propriamente dita são analisados, observando-se os custos em relação aos resultados provenientes do processo, referindo a avaliação do potencial de impacto ambiental gerado (HONG; LI, 2013).

Um dos princípios que facilitam a aplicação da Produção mais Limpa nas organizações é investimento demandado, pois muitas vezes, será necessário que se invista recursos para haver modificações nos procedimentos de produção, porém existe a possibilidade de fazer uma adaptação dos processos já existentes para ocorrer melhorias, ou seja, não demanda aplicação direta de recursos monetários para executar uma produção menos poluente.

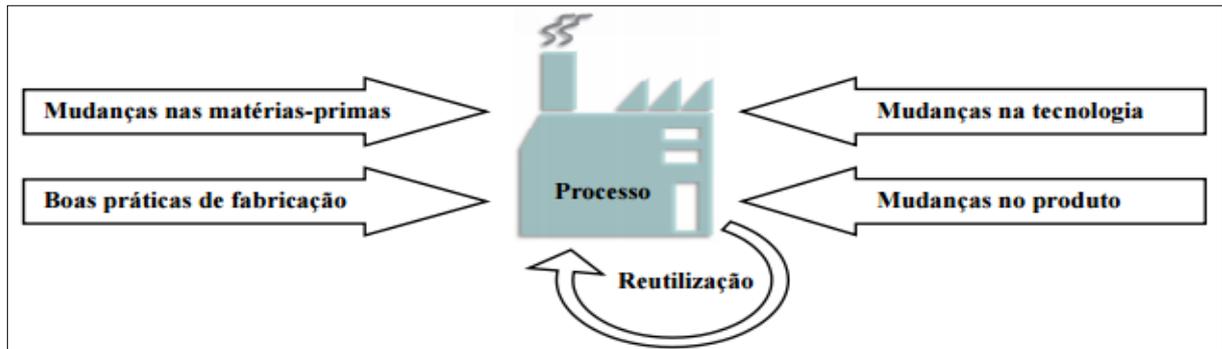


Figura 2 - Processo de atuação da Produção mais Limpa
Fonte: UNEP (2015)

Segundo a UNEP (2015), conforme a Figura 2, a Produção mais Limpa busca mudanças na organização para modificação de seu processo produtivo, utilizando o princípio da reutilização, partindo do pressuposto que os equipamentos podem ser adaptados e não eliminados para ocupação de novas tecnologias. Neste sentido, para diminuir os resíduos de produção podem ser aplicadas alterações no processo produtivo, automação de processos, eliminação de processos, reestudo do projeto de produto, condições de produção (temperatura, umidade, pressão), arranjos físicos, métodos de estocagem, entre outras possíveis adaptações. A aplicação da P+L pode estender-se além da manufatura, podendo também ser aplicada nas áreas de manutenção e logística.

Além das modificações aplicadas a processos, existem as mudanças aplicadas a produtos, que têm como objetivo principal reduzir a utilização de recursos, cumprindo com os requisitos de qualidade e durabilidade dos mesmos. O padrão de qualidade não deve decair em função da aplicação da P+L, mas sim modificar-se, utilizando produtos substitutos, menos poluentes, e reutilizando as sobras do processo para composição de novas matérias-primas para confecção de novos produtos ou subprodutos (SILVA, 2003).

De acordo com um estudo realizado pelo SEBRAE (2004), pode-se utilizar a P+L aplicando-se passos apresentados no Quadro 1:

ETAPA	AÇÃO	DESCRIÇÃO
1	Planejar e Organizar	Verificar as ações da empresa, estimulando o comprometimento da alta direção e dos funcionários na formação de equipes de trabalho.
2	Estabelecer Metas para P+L	Elaborar fluxogramas, avaliando entradas e saídas de processos, criando objetivos relacionados à gestão ambiental.
3	Avaliar a P+L	Identificar as ações que podem ser implementadas de imediato e as tarefas que precisam ser analisadas mais detalhadamente, através de balanços materiais empregados, utilização de energia e informações sobre a geração de resíduos e emissões de poluentes.
4	Estudar a viabilidade	Fazer o estudo da viabilidade técnica, econômica e ambiental: selecionar as oportunidades viáveis e documentar os resultados esperados.
5	Implementar e Plano de Continuidade	Implementar as ações escolhidas e assegurar atividades que mantenham a P+L. Monitorar e avaliar as oportunidades implementadas, assim como planejar atividades que assegurem a melhoria contínua com a P+L.

Quadro 1 - Aplicação da Produção mais Limpa nas Empresas
Fonte: SEBRAE (2004)

Segundo este estudo, o Quadro 1 estabelece um esquema para aplicação da metodologia da P+L nas empresas, onde o mesmo está composto por cinco passos básicos a serem implementados, que podem ser incrementados com outras ações ou simplificado, dependendo do grau de complexidade do processo que está sendo analisado.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa desenvolvida numa indústria de médio porte do ramo metalúrgico que tem como objetivo a reestruturação do projeto de fabricação utilizado pela organização em foco, desenha-se como um estudo de caso, uma vez que, tornou-se necessário a realização de um estudo aprofundado dos processos organizacionais, produzindo assim um amplo e detalhado conhecimento, com o objetivo de perceber “como” e “por que” funcionam as “coisas”, uma vez que, um estudo de caso busca compreender o fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade (YIN, 2010).

Este estudo possui caráter qualitativo e quantitativo. Na pesquisa qualitativa não se comprova numérica ou estatisticamente, mas convence na forma da experimentação empírica,

a partir de uma análise feita de forma detalhada, abrangente, consistente e coerente, o pesquisador participa, compreende e interpreta. Pesquisa quantitativa trata-se da atividade de pesquisa que usa a quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento destas, por meio de técnicas, desde as mais simples, como percentual, média (MICHEL, 2005). Emprega-se a análise de documentos e dados históricos sobre projeto de produto para operacionalizar conceitos e estruturar a coleta de dados (CAUCHICK MIGUEL et al., 2012).

Quanto às técnicas de coleta de dados foi, primeiramente, necessário um elo entre a teoria e prática, com intuito de aprofundar bibliograficamente o tema abordado, bem como uma investigação e descrição do fenômeno estudado, servindo como aporte para um entendimento geral das atividades da organização em foco para a melhoria do projeto da antena 4Y25017-29SG e aplicação da produção mais limpa nos processos produtivos.

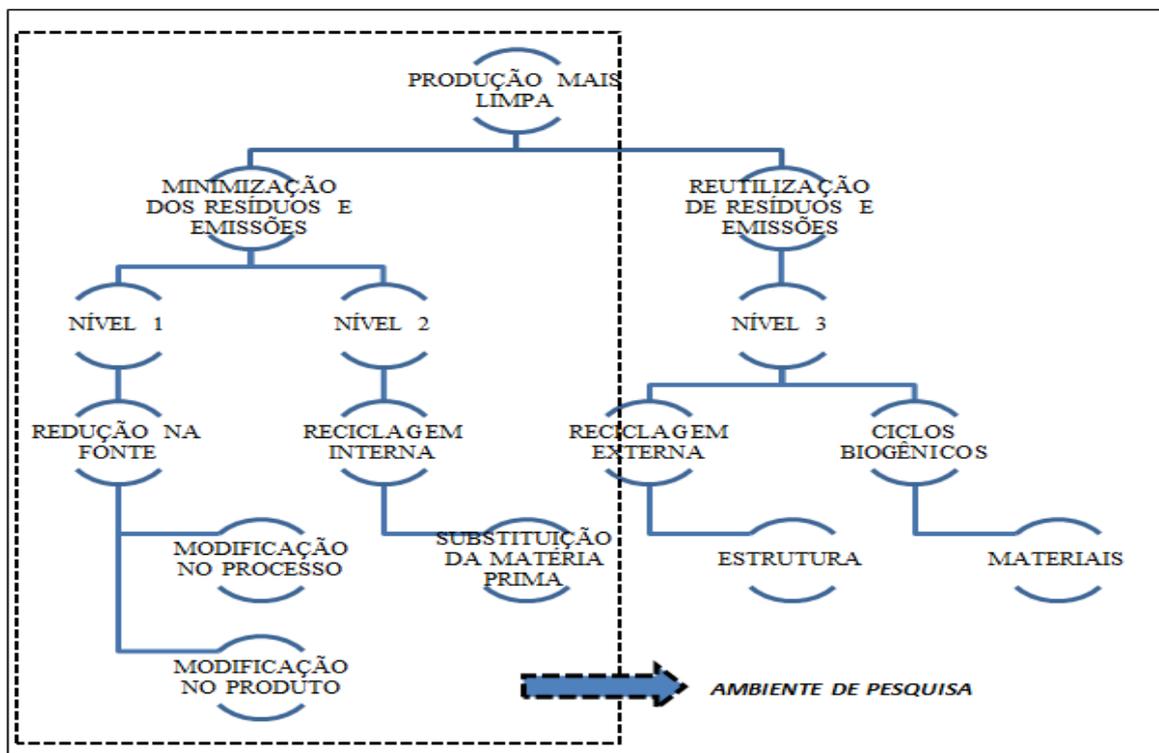


Figura 3 - Estratégia de Produção mais Limpa Aplicada à Empresa

Fonte: Adaptado Unido (2001)

A Figura 3 demonstra a aplicação da metodologia da Produção mais Limpa, onde foi adaptado o modelo para a empresa pesquisada. Para isso, tornou-se necessário um

entendimento das operações desenvolvidas pela organização e a aplicação da metodologia acerca da P+L em consonância com o objetivo estipulado.

4. RESULTADOS

Os resultados e discussões trazem informações referentes à aplicação da P+L em uma indústria da região central do Rio Grande do Sul, focando no (re)estruturação do projeto da antena modelo 4Y25017-29SG, denominada YAGI QUADRUPLA 244 – 262 MHz 20,8 dBi.

O estudo foi aplicado em uma indústria de médio porte, instalada na região central do Estado do Rio Grande do Sul. A empresa conta atualmente com 150 colaboradores no seu quadro funcional e fabrica antenas para telecomunicações, atendendo mercados específicos que demandam soluções profissionais em antenas e outros dispositivos passivos de rádio frequência (RF), empregado no mercado de comunicação via *wireless* (transmissão de dados sem fio).

A organização atende o mercado de telefonia móvel, automação industrial e distribuição de energia, tendo como clientes alguns dos mais importantes provedores de internet via rádio do Brasil, empresas petroleiras, operadoras de telefonia fixa e móvel, companhias de energia e empresas dos mais diversos setores econômicos. A empresa também é prestadora de serviços, fornecendo aplicações de corte a laser, gravação a laser e usinagem e dobra CNC em chapas metálicas.

4.1 Aplicação da Produção mais Limpa no Projeto de Produto

As modificações inovadoras executadas na antena 4Y25017-29SG utilizando-se técnicas de P+L derivaram de uma demanda externa à empresa. Esta demanda partiu dos clientes da organização pesquisada e deu início à reformulação do projeto de produto, resultando em um novo conceito acerca da antena para a indústria pesquisada.

Segundo os clientes, a antena possui um desempenho superior às dos seus concorrentes, porém, devido ao aumento do custo logístico em função do incremento de preço dos combustíveis, o transporte tornou-se mais caro do que o próprio produto. Este fator tornou inviável o transporte destes itens do Rio Grande do Sul para outros estados, acarretando uma

questão logística, uma vez que a empresa tirou os produtos do mercado, pois o projeto original não mais corresponde às expectativas de custos o qual os clientes estão dispostos a pagar.

Partindo desta necessidade, o departamento de pesquisa e desenvolvimento da organização em foco reuniu os gestores para a análise e (re)estudo do processo de produção da antena, visando atender os seguintes objetivos organizacionais: melhorar o desempenho logístico do produto reduzindo o custo de transporte, diminuir custos de fabricação e reduzir a utilização de materiais poluentes. Todas estas mudanças devem ocorrer sem comprometer a qualidade do produto, devendo manter o desempenho da antena igual ao original, ou melhor.

Neste sentido, a análise do departamento de engenharia observou os seguintes quesitos:

- Materiais empregados na antena;
- Processos executados para a produção da antena;
- Recursos humanos envolvidos nos processos;
- Tempos de produção;
- Custos.

Na Figura 4 está representado como ocorreu o processo de análise e aplicação das técnicas de Produção mais Limpa, focando-se na geração de uma produção menos poluente e mais eficiente. Observou-se o produto sob dois diferentes ângulos: *layout* de produto e processo de produção.

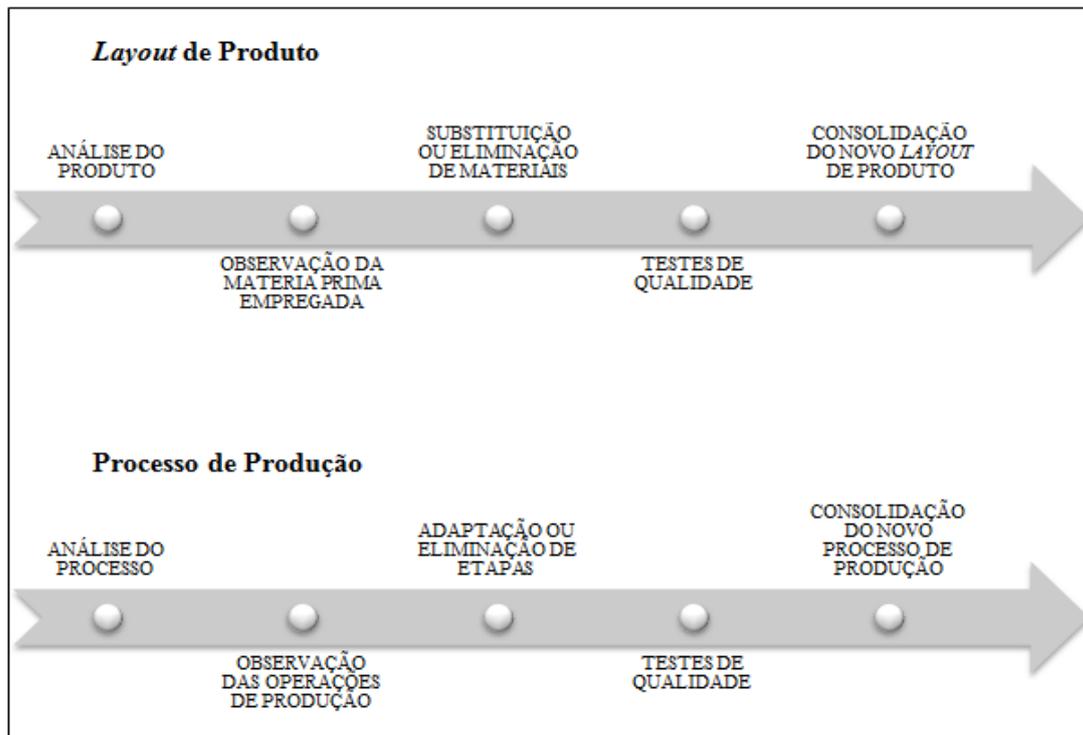


Figura 4 – Análise dos produtos e seu processo de produção para aplicação da P+L
Fonte: Pesquisa (2015)

O método proposto na Figura 4 demonstra como a reestruturação do projeto de produto resultou em importantes modificações no *layout* do produto e no procedimento de fabricação. No estudo dos materiais utilizados, analisou-se a função de cada item empregado na antena e a sua relevância na constituição do projeto completo. Observou-se a possibilidade de substituição destes itens por outros menos poluentes ou até mesmo a eliminação dos mesmos.

Ao estudar o processo produtivo perceberam-se as operações que são executadas para a concepção do produto final, buscando adaptar o padrão de processo para torna-lo mais ágil. As mudanças em materiais e processos, assim como a estrutura de produtos são modificações que ocorrem simultaneamente, pois existem casos que a eliminação de um processo é ocasionado por uma modificação da estrutura do produto ou em função da utilização de novos materiais, causando uma mudança em todos os aspectos do projeto.

4.2 Mudanças Aplicadas e Impactos Gerados

Uma das mudanças aplicadas foi à substituição da matéria-prima principal empregada, pois, após a análise da cadeia produtiva, observou-se que o processo de pintura era executado

com a função de proteger a antena, que fica exposta na torre sofrendo impactos climáticos de acordo com o local onde ela está instalada (chuva, sol, maresia, variações de temperatura, etc). No projeto original as antenas são confeccionadas em alumínio de liga 6351-T6, também chamada de liga “Dural”. Esta liga, segundo a Associação Brasileira do Alumínio (ABAL, 2015), aceita bem o processo de soldagem, porém possui uma dureza (flexibilidade do material) considerada elevada, que fica na faixa de 95-110 HB.

Assim, buscou-se uma liga de alumínio mais flexível, que pudesse ser exposta a diferentes situações climáticas, sem geração de rachaduras estruturais, tanto no corpo do produto quanto da solda realizada. A liga escolhida para substituir da 6351-T6, foi a liga 5052-F, chamada de liga “Naval”. A liga Naval, de acordo com ABAL (2015), possui uma pureza maior que a liga Dural e o grau de dureza é bem menor, que fica na faixa de 45-50 HB, a qual se adapta melhor ao processo de soldagem, não prejudicando a performance do pessoal de produção.

A vantagem da liga Naval é que confere uma maior flexibilidade do produto frente às alterações climáticas e melhor capacidade de transmissão de dados da antena. O Quadro 2 expõe os componentes químicos que cada uma das ligas utiliza na sua composição, o que demonstra a maior pureza da liga Naval.

ESTRUTURA QUÍMICA ALUMÍNIO 6351-T6 (DURAL)	%	ESTRUTURA QUÍMICA ALUMÍNIO 5052-F (NAVAL)	%
Si	0,70-1,30	Mg	2,20 - 2,80
Fe	0,5	Fe	0,4
Cu	0,1	Cu	0,1
Mn	0,40-0,80	Mn	0,1
Mg	0,40-0,80	Cr	0,15 - 0,35
Cr	0,25	Zn	0,1
Zn	0,2	Al	Restante
Ti	0,2	Outros	0,05 - 0,15
Al	96,50-99,00	*	*
Outros	0,05-0,15	*	*

Quadro 2 – Estrutura das Ligas de Alumínio Dural e Naval
Fonte: Abal (2015)

Dessa forma, percebe-se que a liga Naval utiliza seis tipos diferentes de componentes químicos misturados ao alumínio enquanto que a liga Dural possui 8 diferentes componentes químicos, também ligados ao alumínio, e que neste caso, demonstra-se que a liga Naval é mais pura, ou seja, menos poluente.

Além de ser menos poluente, o emprego da liga Naval possibilitou a eliminação da tinta aplicada para proteção da superfície da antena. Esta liga, devido as suas características físicas, permite a exposição do produto aos mais diferentes climas e alterações de temperatura, sem alterar sua estrutura, pois possui uma maior flexibilidade que as demais ligas empregadas na indústria metal mecânica.

A eliminação do processo de pintura da antena, aboliu a utilização de tintas, resinas e solventes utilizados no processo de fabricação. Essa extinção, além de reduzir a emissão de agentes altamente poluentes no globo terrestre, também reduziu custos de produção e aumentou a rapidez da entrega do produto, pois a tinta demora a secar, principalmente em dia mais úmidos.

Mensurando a redução em valores monetários (moeda brasileira) reduziu-se o custo do produto em R\$ 108,00 relativo a materiais aplicados. Sobre a mão de obra, houve a diminuição de 3 horas do processo de pintura por unidade produzida. Calculando-se que a hora homem da empresa esteja por volta de R\$ 110,00, obteve-se uma redução de R\$ 330,00 de custo em função da eliminação do processo de pintura.

Ocorreu também uma redução nos gastos com energia elétrica, pois além não ser mais necessário ligar as máquinas de pintura, também não foi mais necessário acionar a câmara de pintura utilizada para aspirar o resíduo de tinta que fica pairando no ar no momento da aplicação. Não foi possível medir a redução exata consumo, pois o maquinário envolvido no processo de tratamento de superfície não são equipamentos individuais, tendo seu uso compartilhado com outros processos desenvolvidos. Neste caso, mensurou-se a redução do consumo de energia elétrica de uma forma geral, através das contas pagas pela organização, no Janeiro de 2015 a Julho de 2015, como mostra a Figura 5.

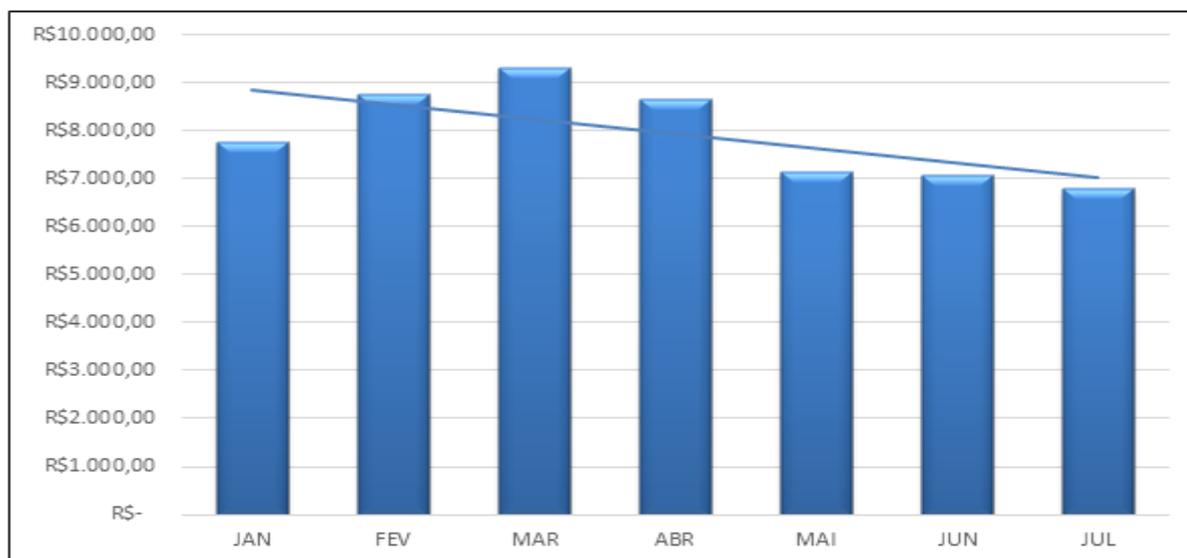


Figura 5 – Consumo Médio de Energia Elétrica - Janeiro a Julho de 2015.

Fonte: Pesquisa (2015)

Através da linha de tendência traçada na Figura 5 fica visível a redução do consumo de energia no decorrer da execução do novo projeto, podendo-se diagnosticar que, a média da conta de energia elétrica mensal era de R\$ 8.500,00 e passou nos meses posteriores para na média de R\$ 7.000,00, representando uma redução de 17% do consumo total de energia da fábrica.

No que tange o atendimento das necessidades dos clientes, houve uma alteração na estrutura do produto com o intuito de atender a necessidade de redução dos custos logísticos da antena. A ligação entre o *boom* central e os elementos da antena eram fixadas através de pontos de solda e que após as alterações executadas no projeto, estes pontos de solda foram substituídos por parafusos, o qual o próprio cliente acopla os elementos à antena. Desta forma, do total de 22 pontos que a antena utilizava solda, 14 deles foram eliminados, representando uma redução de pontos de soldagem de aproximadamente 64%.

Mediante esta redução dos pontos de soldagem, resultou uma otimização do tempo de produção, pois o processo de acoplamento dos elemento passou a ser executado pelo cliente no momento da montagem da antena. Também reduziu-se a utilização de varetas de solda, tornando o processo menos poluente, atendendo alguns dos princípios da Produção mais Limpa.

Mensurando os resultados, 64% de pontos de soldagem a menos no produto final significa uma economia de 2 horas de processo por unidade produzida e a redução em média 10 varetas de solda utilizadas. Calculando-se os custos, conclui-se que houve uma economia de R\$ 292,00 por unidade produzida.

Em contrapartida, houve o aumento do uso de parafusos, porcas e arruelas na estrutura, empregadas para fixar os elemento anteriormente soldados, o que gerou um gasto de R\$ 100,00 por unidade fabricada. Confrontando-se os valores, obteve-se uma maior rentabilidade no projeto inovador em relação ao inicial, gerando uma economia de R\$ 192,00 por unidade produzida.

4.3 Melhoria do Processo Logístico

No projeto inicial, antena possuía 4,30 metros de comprimento após montada. Para o transporte, as antenas eram divididas em duas partes que eram unidas posteriormente por flanges parafusadas, cada uma com 2,15 de comprimento. Conforme a Figura 6 observa-se que a antena era inicialmente dividida em duas partes, o que encarece o transporte do produto final.

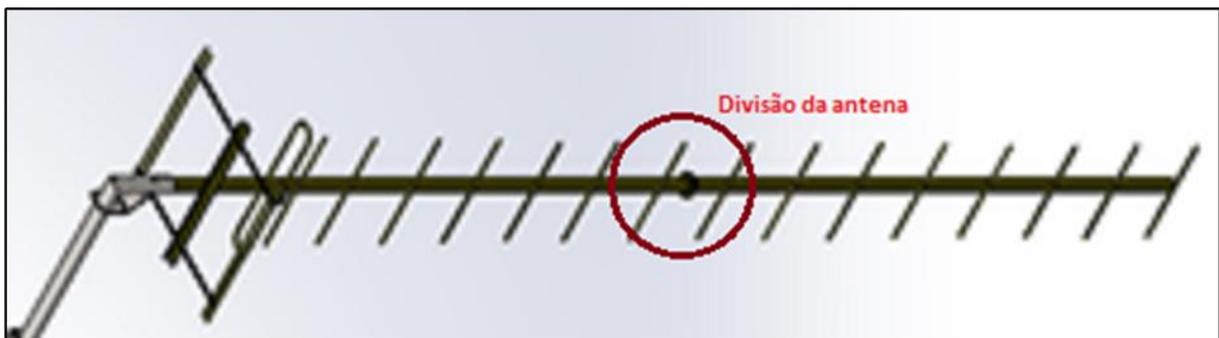


Figura 6 – Projeto inicial da Antena modelo YAGI dividida em duas partes
Fonte: Pesquisa (2015)

Desta forma o produto gerava uma caixa de transporte de 2,20 metros. Com a nova proposta, a antena foi reduzida e seccionada em três partes de forma a não perder seu ganho de frequência e assim, passou a ser transportada em uma embalagem menor. Na Figura 7 é possível verificar como ficou produto após a reestruturação do novo projeto.



Figura 7: Boom central da antena seccionado em três partes
Fonte: Pesquisa (2015)

Analisando-se leigamente a Figura 7, pode-se interpretar esta inovação como um simples melhoria, porém a mudança do elemento central da antena, assim como os elementos secundários, altera totalmente o desempenho do projeto devido a interferência que as características mecânicas do produto geram sobre o seu desempenho. A inserção de uma uma secção resultou no acoplamento de mais uma flange na estrutura da antena e reposicionamento dos elementos secundários.

Desta forma foi preciso fazer um reposicionamento dos elementos secundários da antena e da grade refletora, simulando a atuação do produto em campo e em *softwares* específicos para a simulação de ondas eletromagnéticas para ajustar as novas disposições de suas partes, o que reflete no ganho eletromagnético da antena relativo as alterações efetuadas no projeto.

No Quadro 3 é possível verificar as informações sobre o desempenho do arranjo de antenas antes e depois das inovações implementadas.

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS	PROJETO INICIAL	PROJETO APÓS APLICAÇÃO DA P+L
Tipo	4Y25015-17SG	4Y25015-17SG
Faixa de Frequência	244 a 262 MHz	244 a 270 MHz
Ganho Nominal	20,8 dBi	20,8 dBi
Impedância Nominal	50 Ohms	50 Ohms
R.O.E	< 1,3:1	< 1,3:1
Polarização	Linear	Linear
Relação Frente-Costas	26 dB	29 dB
Isolação por Polarização Cruzada	29 dB	28 dB
Feixe -3 dB @ 253 MHz – Plano E	17°	17°
Feixe -3 dB @ 253 MHz – Plano H	18°	18°
Potência Máxima de Entrada	150 W	150 W
Máximo Lóbulo lateral $\square < 100^\circ$	-18 dB	-17 dB
Máximo Lóbulo lateral $\square \geq 100^\circ$	-27 dB	-26 dB

Quadro 3 – Desempenho eletromagnético da antena antes e depois das inovações aplicadas
Fonte: Pesquisa (2015)

Diante das informações do Quadro 3, percebe-se que as alterações no desempenho não foram significativas, podendo-se analisar que a divisão da antena, a eliminação de processos e mudanças nos materiais e tratamentos aplicados não interferiram no desempenho do produto. Com isso, as inovações aplicadas tornam-se válidas, bem como o do dispêndio de recursos financeiros aplicados em horas homem, simulações e prototipagens.

A divisão da antena gerou uma redução no volume da caixa a qual ela é transportada. Esta redução resultou em um decréscimo do emprego de matéria prima para a construção da caixa a qual o produto é transportado, uma vez que, o projeto inicial utilizava 4,24 m² de um material denominado OSB, material composto de restos de lascas de madeira para a confecção de uma caixa maciça que protege totalmente o produto transportado. Na caixa do projeto inovador, a utilização de materiais ficou por volta de 1,36 m², resultando em uma redução de 68% no emprego de matéria prima para embalagem do produto.

VERSÃO DO PROJETO	UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS NA EMBALAGEM - OSB DA CAIXA (M ²)	CUSTO DOS MATERIAIS EMPREGADOS NA EMBALAGEM
ANTIGO	4,24	R\$ 67,84
NOVO	1,36	R\$ 21,76
REDUÇÃO OBTIDA	68%	67,9%

Quadro 4 - Redução da utilização de materiais através a aplicação da P+L
Fonte: Pesquisa (2015)

No Quadro 4 é possível verificar que além da produção tornar-se mais enxuta e consequentemente mais sustentável, houve uma redução do gasto com o material utilizado na caixa. O custo de produção da caixa reduziu em 68% o que tornou o produto mais lucrativo. O OSB é adquirido em média pelo valor de R\$ 16,00 o metro quadrado. Isto significa que os valores de materiais empregados para a construção de embalagens reduziram de R\$ 67,84 para R\$ 21,76 por unidade transportada, reduzindo o custo geral da embalagem a uma taxa de 32% do valor antes pago por unidade.

4.4 Atendimento de Requisitos do Cliente: Melhorias no Custo de Transporte

No que se refere aos custos de transporte do produto, inicialmente calculou-se o volume da caixa de transporte utilizada para o deslocamento da antena até o cliente. Levantou-se informações sobre o projeto antigo e do projeto inovador para a comparação dos resultados, onde os dados coletados demonstram que a caixa inicial tinha as medidas de 2,20 metros (m) de comprimento por 0,3 m de altura e 0,7 m de largura.

No projeto inovador a caixa de transporte passou a medir 1,60 m de comprimento por 0,2 m de altura e largura, conforme o Quadro 5:

FATORES	PROJETO INICIAL	PROJETO INOVADOR
Tamanho da embalagem (m)	2,20 X 0,3 X 0,7 m	1,60 X 0,2 X 0,2 m
Cubagem (m ³)	0,31 m ³	0,06 m ³
Custo de Transporte (unitário)	R\$ 553,16	R\$ 146,69

Quadro 5 – Comparativo Projeto Inicial e Projeto Inovador na Melhoria do Custo de Transporte
Fonte: Pesquisa (2015)

Comparando-se os dados apresentados no Quadro 5, percebe-se que houve uma redução no volume da caixa (cubagem) de aproximadamente 79%. Formalizou-se uma simulação do custo do transporte como os dados dos dois projetos e obteve-se as cotações de frete, onde os critérios utilizados para a simulação do transporte foi a escolha da transportadora mais utilizada pela empresa e a contabilização dos pedidos dos últimos 6 meses, constatando-se que cerca de 65% dos produtos vendidos são destinados à região sudeste brasileira.

As informações utilizadas para a cotação de frete são a cubagem da caixa de transporte, o peso da mercadoria e seu valor de venda declarado em nota fiscal do produto. Como o peso do produto e o seu valor de venda não foram alterados, a alteração do valor da cubagem afetou diretamente o custo do transporte que saiu do valor de R\$ 553,16 de custo inicial para R\$ 146,69, representando uma redução de 73% no valor de transporte pago pelo cliente. Assim, a inovação de produto cumpriu com o estipulado em seu planejamento, que era redução do custo de transporte, redução do uso de matéria-prima e melhor aproveitamento de materiais.

5. CONCLUSÕES

Para se manterem competitivas no mercado, as organizações necessitam enquadrar-se no conceito de sustentabilidade, buscando reduzir a depreciação acelerada dos recursos naturais. Para isso, é preciso inovar dentro da organização aplicando-se conceitos alinhados com a eco eficiência, tonando-se necessário desenvolver estratégias que permitam aumentar a produtividade e em contra partida preservar o meio ambiente. Com o presente estudo desenvolvido no ramo metal mecânico verificou-se a aplicação de como o conceito de

Produção mais Limpa pode ser aplicado a fim de atender uma necessidade demandada dentro de uma organização, diminuindo o uso de agentes poluentes nos produtos sem prejudicar a sua qualidade.

Com a reestruturação do projeto da antena 4Y25017-29SG, percebeu-se que era possível eliminar a pintura do processo produtivo, fazendo uma substituição da matéria-prima empregada, ou seja, substituindo o alumínio utilizado no projeto original por um alumínio de liga Naval, pois assim, o produto pode ser exposto a diferentes climas e temperatura, inclusive ser colocado em alto mar, onde a antena é exposta à maresia, sem que o mesmo sofra alterações.

Quanto às modificações estruturais do produto alvo, tem-se a diminuição do volume da embalagem utilizada para transporte, onde, devido ao novo projeto as medidas foram reduzidas para estarem de acordo com o novo formato da antena. Outra modificação contemplada com esta reestruturação foi a substituição dos pontos de solda que eram executados de forma manual, praticamente artesanal, passando a ser por parafusos e peças feitas em corte laser.

A aplicação da P+L surgiu como uma alternativa dentro da organização, que atualmente está focando seus esforços em consolidar suas ações para uma gestão ambiental, onde, a partir da demanda dos clientes, surgiu a necessidade de controlar seus processos administrativos e reduzir ao máximo os impactos ambientais decorrentes das atividades econômicas. Assim, a importância dessas práticas sustentáveis para organização, não só auxiliam na preservação do meio ambiente, mas (re)afirmam a organização frente seus concorrentes, além de melhorar sua produtividade.

Com isso, percebeu-se também, que a importância desta inovação para a organização estudada dá margens para que novas pesquisas possam ser feitas pelos gestores envolvidos, otimizando ainda o processo produtivo. Ademais, com a utilização dessas novas práticas, a empresa não só reduziu os custos e atendeu as necessidades dos clientes, mas também edificou sua gestão, apostando na capacidade intelectual de seus colaboradores, reforçando assim, o trabalho em equipe e garantindo a continuidade do negócio.

Por fim, percebe-se que o enlace entre a teoria e prática foi fundamental para o desenvolvimento de novas estratégias, pois as inovações do projeto de produto partiram do conhecimento e aplicação do conceito da Produção mais Limpa, caracterizando este enlace

por meio da redução na utilização de materiais empregados, aumento da produtividade em processos e conseqüentemente um melhor resultado da empresa e preservação do meio ambiente. Dessa maneira, para trabalhos futuros sugere-se ampliar as discussões sobre produtividade, sustentabilidade e Produção mais Limpa em uma diversidade maior de indústrias do setor de telecomunicações e em diferentes localidades.

REFERÊNCIAS

ABAL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO. **Características Químicas e Físicas**. 2015 Disponível em: < <http://www.abal.org.br/aluminio/caracteristicas-quimicas-e-fisicas/ligas>> Acesso em jun. 2015.

BAAS, L. W. **Cleaner production: beyond projects**. Journal of Cleaner Production, v. 3, n. 1, p. 55-59, 1995.

BAI, S. W.; ZHANG, J. S.; WANG, Z. **A methodology for evaluating cleaner production in the stone processing industry: case study of a Shandong stone processing firm**. Journal of Cleaner Production, v. 102, n. 1, p. 461-476, 2015.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. Londres: Unwin Hyman, 1989.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

CIRCULAR ECONOMY PROMOTION LAW OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA. **Standing Committee of the National People's congress**. 2008. Disponível em: < http://www.fdi.gov.cn/1800000121_39_597_0_7.html>. Acesso em 25 Jun. 2015

GOLDSTEIN, I. **Responsabilidade social: das grandes corporações ao terceiro setor**. São Paulo: Ática, 2007.

GRIFFITH, J. J. **Gestão Ambiental: Uma Visão Sistêmica**. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2005.

HONG, J.; LI, X. **Speeding up cleaner production in China through the improvement of cleaner production audit**. Journal of Cleaner Production, v. 40, p. 129-135, 2013.

HOWARTH, G.; HADFIELD, M. **A sustainable product design model.** *Materials & design*, v. 27, n. 10, p. 1128-1133, 2009.

HUISINGH, D. *et al.* **Knowledge Collaboration & Learning for Sustainable Innovation: an introduction to this special volume.** *Journal of Cleaner Production*, v. 48, p. 1-2, 2013.

JOHNSTONE, N.; LABONNE, J. **Why do manufacturing facilities introduce environmental management systems? Improving and/or signaling performance.** *Ecological Economics*, v. 68, n. 3, p. 719-730, 2009.

KARLSSON, R.; LUTTROPP, C. **EcoDesign: what's happening? An overview of the subject area of EcoDesign and of the papers in this special issue.** *Journal of Cleaner Production*, v. 14, n. 15, p. 1291-1298, 2006.

LOPES, R. R. **Gestão Ambiental: estudo sobre o reuso da água no curtume do centro de tecnologia do couro e do calçado Albano Franco – SENAI/PB.** Trabalho de Conclusão Curso – TCC- Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande: UEPB, 2007.

MATOS, S.; SILVESTRE, B. S. **Managing stakeholder relations when developing sustainable business models: the case of the Brazilian energy sector.** *Journal of Cleaner Production*, v. 45, p. 61-73, 2013.

MICHEL, M.H. **Metodologia e pesquisa científica em ciências sociais: um guia prático para acompanhamento da disciplina e elaboração de trabalhos monográficos.** São Paulo: Atlas, 2005.

MILAN, G. S.; GRAZZIOTIN, D. **Um estudo sobre a aplicação da Produção mais Limpa (P+ L).** *Revista GEPROS*, n. 1, p. 127, 2014.

LUKEN, R.; VAN ROMPAEY, F. **Drivers for and barriers to environmentally sound technology adoption by manufacturing plants in nine developing countries.** *Journal of Cleaner Production*, v. 16, n. 1, p. 67-77, 2008.

ORTOLANO, L.; TRIANA, E. S.; AFZAL, J.; ALI, C. L.; REBELLÓN, S. A. **Cleaner production in Pakistan's leather and textile sectors.** *Journal of Cleaner Production*, v. 68, p. 121-129, 2014.

PORTER, M.; LINDE, C. **Green and Competitive: ending the stalemate.** Harvard Business Review, v. 1, p.120-134, 1995.

ROMM, J. J. **Um passo além da qualidade: como aumentar seus lucros e produtividade através de uma administração ecológica.** São Paulo: Futura, 1996.

SEBRAE. **Relatório de Atividades dos Núcleos Regionais de Produção mais Limpa.** Rio de Janeiro, 33 p. 2004.

SILVA FILHO, J. C.G.; SICSÚ, A. B. **Produção mais Limpa: uma ferramenta da Gestão Ambiental aplicada às empresas nacionais.** In. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais do XXIII ENEGEP. Ouro Preto, Minas Gerais, 2003.

SILVESTRE, B. S. et al. **Are cleaner production innovations the solution for small mining operations in poor regions? The case of Padua in Brazil.** Journal of Cleaner Production, v. 84, p. 809-817, 2014.

SONG, D.; NING, D.; YAN-YING, B.; JIE, Y. **Exploration and Practice on the Compulsory Cleaner Production Auditing of Key Enterprise in China.** In: 3rd International workshop Advances in Cleaner Production. Anais 3rd International workshop Sao Paulo, Brazil, 2011.

UNEP. **Sustainable Consumption and Production for Poverty Alleviation.** Disponível em: <<http://www.unep.org/pc/cp>>. Acesso em jun. 2015.

UNIDO. United Nations Industrial Development Organization. **Cleaner production toolkit.** Introduction into cleaner production, v. 1, 2001.

WAAGE, S. A. **Re-considering product design: a practical “road-map” for integration of sustainability issues.** Journal of Cleaner production, v. 15, n. 7, p. 638-649, 2007.

WCED - World Commission On Environment & Development. **Our Common Future: Report of the World Commission on Environment & Development.** 1987. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>> Acesso em: jun. 2015.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.