

SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO E PRODUÇÃO DE LIGAS DE CHUMBO A PARTIR DA RECICLAGEM DE BATERIAS INSERVÍVEIS

SUSTAINABILITY IN THE MANAGEMENT AND PRODUCTION OF LEAD ALLOYS FROM THE RECYCLING OF INSERVABLE BATTERIES

Dulcimar José Julkovski, Doutorando – UNOESC Chapecó/SC
professordulcimar@gmail.com

Eduardo Antônio Moslinger, Mestrando – UNOESC Chapecó/SC
edu_moslinger@hotmail.com

Alexandre Pereira, Mestrando – UNOESC Chapecó/SC
eng.apereira@yahoo.com.br

Simone Sehnem, Professora – UNOESC Chapecó/SC
simone.sehnem@unoesc.edu.br

RESUMO

Objetivo do estudo: O objetivo do trabalho é explorar mecanismos de gestão voltados as práticas sustentáveis na produção de ligas de chumbo para o mercado nacional a partir da reciclagem de baterias inservíveis.

Metodologia/abordagem: A pesquisa de campo foi realizada através de um estudo de caso de uma unidade industrial pertencente ao ramo de baterias automotivas (chumbo-ácidas), com visita técnica in loco nas dependências da empresa produtora de baterias automotivas, localizada no município de Água Doce no estado de Santa Catarina durante os meses de Maio de 2019 a Janeiro de 2020.

Originalidade/Relevância: Estabelecer um parâmetro entre práticas de desenvolvimento sustentável visando abordar práticas que podem ser adotadas para que a gestão sustentável possa ser um direcionador de melhorias nas organizações.

Principais resultados: Uma bateria não reciclada representa uma importante perda de recursos econômicos, ambientais e energéticos e a imposição de um risco desnecessário ao meio ambiente e seus ocupantes. Melhorias nas fábricas para reciclar e utilizar recursos naturais em prol dos resultados econômicos e sociais sem agredir o meio ambiente.

Contribuições teóricas/metodológicas: O modelo pode servir de exemplo para gestores buscarem estratégias de implementação para seus modelos de negócios. O modelo adotado pela empresa é um modelo ambientalmente correto e pode ser seguido e praticado por outros segmentos.

Conclusão: A gestão sustentável vem se tornando uma oportunidade de diferencial competitivo e possuir um gerenciamento eficiente torna-se importante para adotar práticas sustentáveis, provocando com isso um movimento que contribui para a eficiência dos recursos e do capital humano.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Produção de baterias, Logística Reversa.

ABSTRACT

Objective of the study: The objective of the study is to explore management mechanisms aimed at sustainable practices in the production of lead alloys for the national market from the recycling of unserviceable batteries.

Methodology / approach: The field research was carried out through a case study of an industrial unit belonging to the branch of automotive batteries (lead-acid), with a technical visit in loco on the premises of the company producing automotive batteries, located in the municipality of Água Doce in the State of Santa Catarina during the months of May 2019 to January 2020.

Originality / Relevance: Establish a parameter between sustainable development practices in order to address practices that can be adopted so that sustainable management can be a driver of improvement in organizations.

Main results: A non-recycled battery represents an important loss of economic, environmental and energy resources and the imposition of an unnecessary risk to the environment and its occupants. Improvements in factories to recycle and use natural resources in favor of economic and social results without harming the environment.

Theoretical / methodological contributions: The model can serve as an example for managers to seek implementation strategies for their business models. The model adopted by the company is an environmentally friendly model and can be followed and practiced by other segments.

Conclusion: Sustainable management has become an opportunity for competitive advantage and having an efficient management is important to adopt sustainable practices, thereby causing a movement that contributes to the efficiency of resources and human capital.

Keywords: Sustainability, Battery production, Reverse Logistics.

1 Introdução

O processo de industrialização aflorou desigualdades econômicas, sociais e ambientais, o crescimento desordenado das grandes cidades foram uma das consequências de tal fenômeno. Para Sachs (2004), houve uma confusão entre os termos de crescimento e desenvolvimento, segundo o autor o desenvolvimento é o processo que implica na reparação da desigualdade, enquanto no crescimento não existe essa preocupação, o conceito de desenvolvimento sustentável trouxe uma nova dimensão para essa definição.

As pressões criadas pelos *stakeholders* fazem com que as empresas adotem novas condutas no campo do desenvolvimento sustentável, para Munck (2018), o desenvolvimento sustentável é um processo complexo para chegar à sustentabilidade, segundo a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente (1991), quando se atende às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações do futuro se está praticando o desenvolvimento sustentável (Wastling, Charnley, & Moreno, 2018). A sustentabilidade empresarial está baseada em um novo conceito do *Triple Bottom*

Line, que envolve práticas economicamente viáveis, socialmente justas e ecologicamente corretas. (Muck, 2018).

Segundo Munck (2013), existem diferentes níveis de Sustentabilidade Organizacional, quais sejam: pré-sustentabilidade empresarial, sustentabilidade empresarial em conformidade com a legislação, sustentabilidade empresarial orientada pelo lucro, sustentabilidade empresarial consciente, sustentabilidade empresarial sinérgica e sustentabilidade empresarial holística, sendo cada um desses estágios como nível de complexidade, de entregas específicas.

As tomadas de decisões das empresas estão se tornando mais conscientes e conseqüentemente praticando atividades mais responsáveis, tais resultados são reflexos de inúmeras mudanças de posicionamento, as empresas estão incorporando práticas sustentáveis com a preocupação do posicionamento estratégico (Munck, 2018).

A indústria automobilística vem passando por crescentes transformações, como a eletrificação dos veículos, para Castro e Veiga (2013), mesmos motores a combustão tendem a utilizar baterias mais eficientes e que forneçam mais energia aos novos sistemas. Influenciada por esta tendência a indústria de baterias automotivas vem buscando novas oportunidades de negócios trazendo novos exemplos de inovações alicerçados na sustentabilidade (Werning, & Spinler, 2019).

Na história da indústria automobilística as baterias ocupam um papel importante, surgiram em 1912, quando ocuparam lugar das manivelas de ignição e servindo para acionar as luzes. Com o avanço da indústria a bateria começou a ocupar lugar de destaque nos veículos, atualmente serve como fonte de energia para os sistemas auxiliares e tarefas pontuais (Castro & Viegas, 2013).

A indústria de baterias dispõe de grande parque industrial no Brasil e possui papel central na formação da inovação tecnológica do país, as baterias de chumbo ácido vem sendo substituídas gradativamente por novos modelos de baterias de *íon-lítio*, mais leves e com maior densidade energética. Nesse contexto surge a necessidade de estudar a gestão sustentável de um parque fabril localizado no Meio Oeste Catarinense.

A empresa estudada é responsável pela produção de ligas de chumbo para o mercado nacional, a partir da reciclagem de baterias inservíveis, o projeto da planta fabril tem capacidade de produção para 4 mil toneladas de chumbo mês e foi

desenvolvido baseado em tecnologias referenciais do segmento, priorizando o processo de reciclagem. A empresa possui atuação com foco na sustentabilidade e desempenho ambiental de seus processos, usando como alicerce os princípios ambientais: proteção ambiental, atendimento a requisitos legais, melhora contínua e responsabilidade ambiental.

A escassez dos produtos naturais faz parte das preocupações recorrentes na gestão das empresas e tem sido frequente o surgimento de novas práticas de gestões orientadas pela sustentabilidade, com isso as empresas estão se adequando as novas correntes responsáveis de gestão. Contudo o cenário continua nebuloso para práticas sustentáveis na gestão das empresas, as desigualdades sociais têm aumentado em países desenvolvidos e o crescimento econômico não tem sido homogêneo, agravando a instabilidade nos países em desenvolvimento. Com essas preocupações criam-se novas correntes para estudos em práticas de desenvolvimento sustentável, desta forma relatórios sustentabilidade tem se consolidado como um dos principais instrumentos utilizados pelas organizações para comunicação das práticas e do desempenho, sendo referência para o aperfeiçoamento da organização.

O objetivo do trabalho é explorar mecanismos de gestão voltados as práticas sustentáveis, para isso foi realizado uma revisão bibliográfica de artigos científicos, literatura e pesquisas acadêmicas disponíveis nas principais bases de dados. Buscou-se também desenvolver um estudo de caso de abordagem qualitativa, que identifique práticas de gestão sustentável utilizados pela indústria com ferramentas sustentáveis encontrados na literatura.

2 Revisão da literatura

Este capítulo é composto por três sessões. A primeira aborda as características do setor de baterias, a segunda à sustentabilidade na gestão e a terceira a classificação de baterias automotivas.

2.1 Características do setor

A bateria é utilizada como um acumulador, responsável por transformar energia química em energia elétrica, através de uma reação de oxirredução. Baterias recarregáveis são utilizadas em significativa quantidade em equipamentos portáteis, como telefones, celulares, máquinas fotográficas e automóveis. Nos veículos a bateria é responsável por alimentar sistemas elétricos e é recarregada pelo próprio motor a combustão que move o veículo. No Brasil a maioria dos veículos ainda utilizam baterias de chumbo ácido, esses modelos estão sendo substituídos por outras fontes de energias (Castro & Viegas, 2013).

A produção de baterias no Brasil está concentrada nos estados de São Paulo e Paraná, o desempenho da indústria foi considerado positivos nos últimos anos, as indústrias têm como público-alvo as montadoras de veículos, porém existe ainda um mercado paralelo de reposição o que faz fomentar ainda mais o mercado interno. De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), as vendas desse mercado cresceram 40% entre os anos de 2005 e 2010. As empresas Moura e Johnson Controls, concentram as vendas para a indústria direta, já no mercado de reposição as existe uma maior pulverização entre empresas menores. Nos últimos anos houve crescimento no mercado de baterias de reposição, se comparado com o mercado de venda direta, o mercado de reposição corresponde a 75% do mercado interno brasileiro.

As vendas de baterias estão relacionadas com o tamanho da frota do país e com a produção de veículos, as condições macroeconômicas após a crise de 2015, proporcionaram um crescimento tímido ao mercado, porém constante. Segundo a Fiesp 2018, a tendência é que o mercado interno se consolide com estabilidade econômica e política a partir de 2020 e que o país tenha uma frota de aproximadamente 53 milhões de veículos.

2.2 Sustentabilidade na gestão

Para Veiga (2010) a busca por uma sociedade sustentável acarreta em mudanças e todas as mudanças implicam em rupturas de maneiras de pensar e perceber, sendo necessário trabalhar com novas práticas diferentemente do que foi realizado anteriormente, segundo o autor existe ainda importância em relação ao papel que a educação para sustentabilidade, prática que não tem sido realizada. Atualmente

o cenário climático é o fator que trouxe grande destaque para o desenvolvimento sustentável, porém ainda não existem a popularização das práticas e instrumentos na gestão sustentável (Witt, [Verstraeten-Jochems](#), [Hoogzaad](#), & [Kubbinga](#), 2019).

Em 1994 o economista inglês John Elkington criou o conceito do *Triple Bottom Line*, tornando o conceito de desenvolvimento sustentável mais amplo, integrando os pilares social, ambiental e econômico. Na dimensão econômica são considerados a sustentabilidade financeira, desenvolvimento econômico e os serviços, por sua vez na dimensão social é englobado geração de emprego, geração de renda e envolve a cidadania e na dimensão ambiental está inserido o uso consciente dos recursos naturais (Wang, Zhu, Guo, & Peng, 2018). A gestão sustentável considera o padrão dos ecossistemas nos processos de decisão e práticas de gestão. Dessa maneira, para uma gestão ser considerada sustentável é necessário que engloba as áreas econômicas, social e ambiental (Zils, Hawkins, & Hopkinson, 2017).

São diversas as teorias que surgiram para explicar e solucionar o subdesenvolvimento, o desengajamento moral, a falta de cuidado com os recursos naturais e o descompromisso com o social, contudo nenhuma preencheu essa lacuna tão bem quanto o desenvolvimento sustentável, que visa ser uma alternativa as velhas correntes tradicionais do desenvolvimento desordenado. Para Porter (1999) a administração de recursos naturais de forma eficiente pode diminuir perdas no processo produtivo e são fontes de diminuição de custos, podendo levar empresas a alcançar diferencial competitivo (Zucchella, & Previtalli, 2018).

2.3 Baterias automotivas

A bateria chumbo-ácida, inventada em 1859 pelo físico francês Gaston Planté, é considerada como a primeira bateria do tipo recarregável inventada. Apesar de tal modelo de bateria possuir características do tipo: baixa relação energia-peso e baixa relação energia-volume, o mesmo tem uma grande habilidade de suprir níveis elevados de corrente elétrica. Ou seja, suas células têm uma relação potência-peso relativamente alta, dessa forma, tais benefícios fizeram com que o modelo, em questão, torna-se bastante atrativo para a indústria automobilística.

Por conseguinte, as baterias foram introduzidas nos veículos automotivos em 1912, como parte do sistema de partida automática que substituiu a manivela de

ignição e também servindo para acionar as luzes. Atualmente, os veículos são cada vez mais dependentes das baterias, que são utilizadas também como fonte de energia para os sistemas auxiliares – que cresceram em quantidade – e, no caso dos veículos híbridos e elétricos, como fonte de energia para o funcionamento do motor, conforme narram Castro, Barros e Veiga (2013). Ainda, segundo Husain (2003), podem-se elencar algumas vantagens inerentes a uma longa existência do modelo de bateria chumbo-ácida, tais como: custo relativamente baixo, facilidade de fabricação e características eletroquímicas favoráveis ao armazenamento de energia.

Assim sendo, nos últimos anos, as vendas industriais de baterias automotivas no Brasil têm crescido significativamente em função do aumento da frota circulante de veículos automotivos. Segundo o Sindipeças (2009), essa frota alcançou, em 2008, um montante de 27,8 milhões de veículos, incluídos automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus, número 7,5% superior ao de 2007, o maior percentual de crescimento nos últimos 28 anos. Levando-se em consideração que, tecnicamente, a vida útil de uma bateria é de dois anos, seriam descartadas anualmente cerca de 13.900.000 unidades. Estimando-se que desse montante, 20% são recondicionadas artesanalmente (reutilizadas) por pequenas oficinas auto elétricas, ainda restariam 11.120.000 unidades à disposição dos recuperadores, o que configura, ainda, um problema ambiental a ser minimizado.

E segundo Machado (2002), a composição da bateria de chumbo envolve componentes metálicos, de solução ácida, plástico e polímero, representando o chumbo 61% dos componentes da bateria. Hoje são recuperadas 97% das baterias de chumbo sendo que em cada uma delas é possível reaproveitar em torno de 60-80% do chumbo e plástico utilizados na sua fabricação. Em suma, a responsabilidade socioambiental torna-se a resposta natural das empresas ao novo cliente, o consumidor verde e ecologicamente correto. Entretanto, quanto antes as organizações perceberem a sustentabilidade como seu principal desafio e como oportunidade competitiva, maior será a chance de sobrevivência neste cenário atual, cada vez mais competitivo (Tachizawa & Andrade, 2008).

3 Procedimentos metodológicos

Para a produção do estudo, foi realizada uma revisão teórica vinculada a ações sustentáveis com consultas nas bases da Ebsco e Spell, além de uma etapa de campo inerente a um estudo de caso com visita *in loco*. O capítulo apresenta o protocolo do estudo de caso e o método utilizado para o recolhimento dos dados da pesquisa.

A pesquisa constitui-se inicialmente de uma revisão bibliográfica que, conforme Martins (2000) tal pesquisa bibliográfica explora a explicação e discussão de um tema ou problema baseando-se em referências teórica publicada em livros, periódicos e afins. Já para Goode e Hatt (1979), o estudo de caso é um meio de organizar os dados, preservando o objeto estudado em seu caráter unitário. Considerando a unidade como um todo, incluindo o seu desenvolvimento (pessoa, família, conjunto de relações ou processos etc.).

A pesquisa de campo foi realizada através de um estudo de caso de uma unidade industrial pertencente ao ramo de baterias automotivas (chumbo-ácidas), sendo assim realizou-se uma visita técnica *in loco* nas dependências da empresa produtora de baterias automotivas, alvo do estudo, localizada no município de Água Doce no estado de Santa Catarina, onde todo o processo industrial desde a chegada da matéria-prima até a expedição do produto final foi visualizado sob o acompanhamento da gerência industrial da planta dando-se um enfoque nas ações de sustentabilidade realizada na organização objeto do estudo. Dessa forma, e conforme Goldenberg (2004) o estudo de caso, em si, não é uma técnica específica, mas uma análise holística, que considera a unidade social estudada como um todo.

4 Resultados e discussões

A Unidade fabril Ecometals de fabricação de baterias automotivas é responsável pela produção de ligas de chumbo para o mercado nacional, a partir da reciclagem de baterias inservíveis. Com capacidade de produção para 4.000 toneladas de chumbo/mês, o projeto da Ecometals foi desenvolvido baseado nas melhores tecnologias do segmento, visando um melhor desempenho no processo de reciclagem.

A produção é baseada nas necessidades de cada cliente, produz atualmente 40 ligas de chumbo, com controle de 25 elementos químicos por liga. A empresa investe constantemente no desenvolvimento pessoal e tecnológico, ampliando o controle de qualidade do produto final, com todos os processos certificados pela ISO 9001:2008. A empresa vem mantendo o seu crescimento, investindo em tecnologias e

equipamentos, para atender a demanda de reciclagem das baterias inservíveis recebidas de todo o Brasil.

A coleta e o transporte do material é feita com frota própria devidamente licenciada. A empresa tem como prática a homologação/qualificação de fornecedores, a fim de garantir a qualidade da matéria-prima adquirida. A preocupação e o compromisso com o meio ambiente e comunidade de entorno, fazem parte da essência Ecometals. Atendendo todas as legislações vigentes, a empresa atua diretamente no desenvolvimento local, por meio de campanhas de conscientização em parcerias com as escolas, projetos de estágio aberto à comunidade e instituições de ensino, programa de visitação Portas Abertas, além de parceria com empresas da região para capta o de baterias inservíveis para reciclagem.

Com um modelo de gestão ambiental certificado pela ISO 14001:2004, a empresa investe no aproveitamento dos recursos naturais, reutilizando toda água oriunda dos processos produtivos e dando a destina o correta a todos os resíduos gerados nos processos, além de recentemente implantar um projeto para a reciclagem de pneus. A reciclagem de pneus, consiste na obten o de produtos como, carvão, óleo e limalha de ferro através do processo químico de pirólise. Substituindo assim, a extra o dos recursos naturais para gera o desses produtos, que são utilizados no processo de fundi o das ligas de chumbo.

4.1 Consumo energético

Contextualizando, a eficiência Energética   classificada, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2017), como uma rela o que envolve fatores se correlacionado entre a quantidade de energia final de energia utilizada com o bem ou serviço gerado pela mesma. Já para (Hordeski, 2005) a eficiência energética   classificada como capacidade de equipamentos, máquinas e pessoas operarem em processos ou ciclos os resultados desejados.

Em consonância com as teorias apresentadas, após a constru o do parque fabril Ecometals de baterias automotivas no município de  gua Doce/SC, foi necessário a compra de alguns litros (em torno de 500 litros) de combustível energético não renovável, no caso óleo diesel, para que fosse possível dar-se o "start" no fluxo produtivo, o qual mant m-se contínuo até os dias atuais de maneira

ininterrupta. Importante destacar, que tal consumo dessa energia não renovável deu-se apenas de maneira pontual no início das operações produtivas da planta em questão, visto que após o início das operações fabril a planta mantém-se operando através de geração interna de energias, a qual dá-se de maneira retroalimentada, isto é, à medida que a fábrica opera ela gera sua própria energia para continuar funcionando.

Ainda, a maior parte do consumo de energia elétrica na indústria de baterias automotivas ainda é oriunda de fontes não renováveis, tais como o petróleo e seus derivados, carvão e o gás. A utilização destes tipos de energia é prejudicial tanto na extração de recursos naturais, como também na emissão de poluentes atmosféricos. Atualmente, observa-se o acelerado consumo proveniente de usinas hidrelétricas e conseqüentemente a necessidade da construção de novas usinas, ocasionando impactos ambientais de grande magnitude. O chumbo também é uma fonte de utilização de recurso natural na indústria de baterias automotivas. Este por sua vez, por ser parte do produto final, torna-se como principal matéria-prima utilizada, deste modo, o seu consumo é elevado. Conforme o Instituto de Metais não Ferrosos (ICZ), 53% da utilização do chumbo no Brasil é proveniente da reciclagem, o que se torna um aspecto positivo, já que este metal pode ser reciclado inúmeras vezes sem perder suas características físico-químicas.

Fazendo-se um paralelo com a importância da auto geração de energia na indústria, o estudo de (Berni & Bajay, 2000), realizado em uma planta industrial de produção de papel, evidenciou que o gás metano gerado pelo sistema anaeróbico UASB (8846 Kcal/m³), desloca o equivalente a 650 kg de óleo combustível (10000 Kcal/kg) (Ben, 1999) por dia, significando, quase duas horas de produção de papel, utilizando o gás metano gerado naquele sistema. Esta substituição gera uma economia anual da ordem de 70.000,00 reais.

Assim sendo, pode-se salientar que em diversos ramos da indústria é encontrado ações no âmbito do uso racional e eficiente da energia. Ações, estas, que vão de encontro com um modelo sustentável de operação na organização.

4.2 Consumo de água

No layout da planta industrial objeto do estudo, foi projetado e executado a utilização de um piso de concreto em todo o pátio da empresa. Pois, em razão da unidade fabril possuir uma estação de tratamento de efluentes – ETE, a qual possui quatro lagoas. Sendo a primeira lagoa responsável pela captação da água da chuva dos telhados, Já a segunda e a quarta por armazenar o efluente tratado que será reutilizado, e, a terceira lagoa é responsável por armazenar o efluente contaminado.

Dessa forma, o piso da fábrica e do pátio externo foi totalmente projetado para que os resíduos líquidos ou sólidos escorram através da canalização até o tanque de decantação para posterior envio a terceira lagoa. Destacando que toda a água tratada é reutilizada nos processos internos da empresa, tais como utilização em banheiros, processos de lavagem/limpeza, hidrantes de combate a incêndio, entre outros.

Hespanhol (2003) aborda que o reuso da água para fins industriais pode ser visualizado por diferentes aspectos, conforme as possibilidades existentes no contexto interno ou externo das indústrias. O autor classifica o reuso industrial nas seguintes modalidades: reuso macroexterno, macrointerno e reuso interno específico ou reciclagem.

Já Mierzwa (2005) classifica o reuso industrial da água de forma mais simplificada sugerindo apenas as modalidades macroexterna e macrointerna, incorporando o reuso interno ou reciclagem dentro da modalidade macrointerna.

E conforme Teixeira e Jardim (2004) que destacam que a política de gerenciamento de resíduos em qualquer atividade, não começa com o tratamento e sim com a minimização da geração desses compostos nos processos. Em seguida vem o seu reuso ou reciclagem, que pode ser reinserido no mesmo processo, em outro e até mesmo visto como produto final. Após todas essas alternativas terem sido realizadas ou descartadas é que se tem o tratamento e disposição final.

Para possibilitar o reuso das águas dentro de uma indústria é necessário que se identifique onde há a possibilidade do reuso, tais como: torres de resfriamento, sanitários, jardinagem, entre outros. Requerendo uma caracterização da qualidade da água que sai do processo industrial além dos requisitos necessários para esses processos dentro a indústria. Para tal, a água circularia pela empresa até ser tratada e novamente reutilizada no início do processo (Monteiro, 2004).

Nos estudos de Gonçalves e Nascimento (2000) que tratam da aplicação da metodologia P + L em uma empresa metalúrgica que fabrica engrenagens e

transmissões para o setor de autopeças e setor agrícola. Durante a implantação da metodologia supracitada, foram adotadas diversas práticas, tais como: modificação do produto e tecnologia, substituição de matérias primas, reutilização da água, entre outras. Além disso, o autor aborda que um dos maiores ganhos obtidos foi o estabelecimento de uma nova visão dentro da empresa estudada, melhorando a conscientização dos membros da instituição.

4.3 Captação de pó

No processo de transformação dos pneus, tem-se a geração de pó, também conhecido popularmente como negro de fumo, o qual é captado com o auxílio de exaustores e coletado após a filtragem com auxílio de sistema de ciclones. O conceito básico, de tal sistema, é para que o fluxo de ar entre tangenciando a periferia da parte superior do cilindro, ou cone, descendo num fluxo helicoidal, que ao atingir a parte inferior do cone, irá retornar como um fluxo helicoidal ascendente central, até atingir a parte superior do cilindro, onde encontra uma boca de saída. Dessa forma o gás desce em espiral pela seção cilíndrica do ciclone, e as partículas sob a influência da ação da força centrífuga, superior ao da gravidade, movem-se para fora da espiral até se chocarem ao corpo do ciclone. Assim são apanhadas por uma fina camada de ar próxima da parede, e carregadas para baixo por gravidade e coletadas num coletor de espera para poeira e removido do ciclone (Buonicore et al, 1992).

Geralmente é uma tecnologia empregada no pré-tratamento para remoção de particulados grosseiros, porém pode ser utilizado no tratamento global em situações de que a faixa granulométrica da emissão esteja compatível com o limite de coleta dos ciclones e multiciclones (Capulli & Allevato, 1992). Como vantagens, apresenta baixo custo de construção, fácil manutenção e configuração simples, podendo operar em amplas faixas de temperatura.

Em consonância, utiliza-se, na planta industrial objeto do estudo, tal resíduo de pó no reprocesso de transformação dos próprios pneus. Reintroduzido no processo de queima de pneus para aquecimento da matéria prima para fabricação dos lingotes de chumbo que servirão de matéria prima para futura composição das baterias automotivas.

Fazendo-se um paralelo com demais setores da indústria que realizam a captação e a reutilização de algum tipo de pó residual em sistema similar, o estudo de (Carnin, 2008; Adegas, 2007; D'elboux, 2000), realizado em uma indústria de fundição, o pó de carvão é adicionado nas areias verdes para moldagem de ferros fundidos, auxiliando na redução de defeitos superficiais da peça, devido a expansão da sílica quando é realizada a desmoldagem.

Na temperatura de 315 a 650°C o carvão absorve quantidades grandes de calor para passar do estado sólido ao estado plástico semilíquido, e a maioria dos gases do pó de carvão são despreendidos. Apesar do pó de carvão ter cerca de 30% de voláteis que geram capacidade de expansão, estes são principalmente hidrocarbonetos e reagem com facilidade ao oxigênio. E a usabilidade do pó de carvão é por prevenção de defeitos na peça, este produz uma redução da atmosfera oxidante, como a sinterização, porosidade e contato do molde com metal líquido

4.4 Logística reversa do pneu e pirólise

A coleta e adequada destinação dos pneus inservíveis gerados no Brasil é de responsabilidade dos produtores e importadores de pneumáticos, devendo ser considerada para destinação a seguinte proporção: para cada pneu novo comercializado para o mercado de reposição é necessário dar destinação adequada a um pneu inservível (MMA, 2009).

Para Leite (2003) a logística reversa atua como uma área da logística empresarial, planejando, operando e controlando o fluxo e as informações logísticas correspondentes, atuando do retorno dos bens pós-venda e de pós consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo.

Em 1999, foi publicada a resolução do CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, na qual foi introduzido o princípio da responsabilidade do produtor e do importador pela destinação final ambientalmente adequada dos pneus, baseando-se a quantidade de destinação no volume de pneus fabricados ou importados no mercado doméstico (Motta, 2008).

Mais especificadamente na resolução n ° 258/99 do CONAMA, o governo federal determina que fabricantes e importadores deem um fim ambientalmente adequado aos pneus (Sugimoto, 2004).

Dessa forma e em consonância com tal política sustentável, a planta de pirólise de pneu, da Unidade Ecometais estudada, consiste em um sistema de conversão térmica de decomposição dos hidrocarbonetos presentes na borracha dos pneus inservíveis, cujos produtos derivados serão o óleo de pirólise, carvão, ferro e gás metano combustível. O gás metano gerado será todo reutilizado no processo de pirólise, sendo captado e direcionado para os reatores pirolíticos como fonte de combustível gerando calor para o sistema.

Contextualizando o tema com a teoria, os pneus inservíveis usados no co-processamento em fornos de clínquer devido ao seu alto poder calorífico, são substitutos do óleo combustível e do carvão, a ponto de alguns não os caracterizarem como resíduo e sim os considerem combustíveis (Marques, 1999).

Já de acordo com Novick *et al.* (2000) a energia necessária para a pirólise é fornecida pela corrente endógena de gás do processo aquecido externamente, até cerca de 480 °C, quando é reinjetado na zona de retortagem. Na zona posterior e anterior a zona de retortagem, de resfriamento e aquecimento respectivamente, a massa gasosa ascendente troca calor com o material retortado e se resfria, resultando na condensação dos vapores de óleo sob a forma de neblina, que é transportada para fora da retorta pela corrente de circulação dos gases. As gotículas de óleo passam pelo processo de separação tipo ciclones e filtro precipitador eletrostático. No precipitador, ocorre a separação das gotículas de óleo e das partículas sólidas do ciclone. O gás limpo é isento de neblina de óleo e partículas sólidas, as gotículas de óleo pesado são condensadas, passam por um compressor e se dividem em três correntes: uma retorna para o fundo da retorta, outra também volta à retorta após ser aquecida em um forno, e a terceira denominada gás produto, vai para um condensador de óleo leve e as águas geradas no processo são recuperadas. Depois de retirado o óleo e a água de retortagem, o gás é encaminhado à unidade de tratamento de gases onde são produzidos os gases combustíveis, o gás liquefeito de xisto e onde é processado o enxofre.

Nesse sentido, o processo de pirólise de pneu por meio de conversão térmica, é uma tecnologia de produção ambientalmente correta, pois atua com ciclo sustentável, sem emissão de gases tóxicos e geração de resíduos para o meio ambiente. Assim no processo de transformação dos pneus, da empresa objeto do estudo, tem-se a trituração e a separação da borracha do metal (que serve para dar sustentação ao

pneu). Feito isso, todo metal coletado é revendido para sucatas da região do município de Água Doce/SC.

4. 5 Logística reversa bateria automotiva e reprocesso químico

Considerando que as baterias são constituídas basicamente por metais e ácidos, desta forma quando chegam ao final de sua vida útil devem ser coletadas e enviadas para unidades de recuperação e reciclagem para não haver contaminação de aterros e de incineradores de lixo urbano e para que o material recuperado possa ser utilizado na produção de novos bens de consumo. Todos os constituintes de uma bateria chumbo-ácido apresentam potencial para reciclagem. Uma bateria não reciclada representa uma importante perda de recursos econômicos, ambientais e energéticos e a imposição de um risco desnecessário ao meio ambiente e seus ocupantes (Cempre, 2012).

E que há um grande número de baterias que são recicladas, mais de 97%. Baterias chumbo-ácido atuais contêm 60 a 80% de chumbo reciclado e plástico (polipropileno). O ácido sulfúrico é neutralizado com produto industrial semelhante ao carbonato de sódio, para neutralizar a bateria, ou conversão do ácido em sulfato de sódio que é usado em lavanderias e manufatura de vidros e têxteis (Bovolenta, 2012).

Além disso, os acumuladores elétricos são constituídos por plástico, metais e ácidos, desta forma quando chegam ao final de sua vida útil devem ser coletadas e enviadas para unidades de recuperação e reciclagem, transformando-se em novos bens de consumo. Segundo dados de 2011, todo o chumbo produzido no mundo, cerca de 60% é provido da reciclagem, pois além do fato de que o chumbo sucata é mais barato do que o chumbo extraído, se tornando o processo financeiramente interessante (Bovolenta, 2012).

Os métodos de recuperação de chumbo convencionais utilizam processos piro metalúrgicos em fornos tipo cuba, revérberos, rotativos ou outros tipos de fornos elétricos que liberam gases SO_x e particulados de chumbo para a atmosfera, além de gerar borra metálica que atinge níveis de 25 % da quantidade de chumbo produzida (Ferracin, 2001).

Por conseguinte, o processo de coleta das baterias inservíveis é realizada por frota própria da empresa analisada, devidamente adequada para o transporte deste

material. O material recebido na Unidade Ecometais, é armazenado em área com contenção e piso impermeabilizado, a fim de conter os riscos ambientais. Feito isto, tem-se o processo de trituração de baterias, que é um equipamento automatizado, responsável por moer as baterias e classificar seus componentes da seguinte forma:

- Óxido de Chumbo: utilizado no processo de fundição de novas ligas de chumbo.
- Polipropileno/Polietileno: reaproveitado na fabricação de novas caixas de bateria.
- Solução eletrolítica: neutralizada e destinada a outras indústrias como: solução ácida.

Após esses processos, a carga formulada alimenta o forno rotatório, iniciando assim o processo de fusão por um efeito piro metalúrgico. Na sequência o chumbo na forma sulfatada e óxido é convertido em chumbo limpo, caracterizado como chumbo secundário. Além disso, o chumbo secundário em estado líquido ou sólido é transferido para as painéis de refino, iniciando o processo de refinação. Durante o processo de refino, os produtos são submetidos a vários controles por análises químicas em um espectro, calibrados com padrões internacionais, garantindo a excelência dos produtos. Ainda, o chumbo, aprovado nos parâmetros de qualidade, passa do estado líquido para o estado sólido no processo de lingotamento, com controle de temperatura e demais parâmetros físico-químicos durante todo o processo.

Consequentemente, todos os elementos químicos utilizados internamente no fluxo produtivo (ácidos e bases diversos) são coletados, decantados e reprocessados para serem utilizados novamente no processo industrial. Nesse sentido, todos os desperdícios e produtos químicos presentes nas baterias retornadas pelo ciclo reverso, são destinadas para as lagoas da estação de tratamento. Posteriormente, passam pelo processo de reprocessamento e via ciclo fechado retornam para a linha de produção para serem reutilizadas.

5 Considerações finais

A gestão sustentável vem se tornando uma oportunidade de diferencial competitivo entre as empresas, possibilitando que as organizações possam se adequar a legislação ambiental adquirindo também um diferencial no mercado. De acordo com o estudo de caso desenvolvido, um gerenciamento eficiente voltado para sustentabilidade torna-se importante ferramenta, proporcionando vantagem competitiva no mercado, a correta utilização de recursos naturais e o reaproveitamento dos insumos ora descartados geram um ganho significativo para a empresa estudada.

A empresa estudada consegue desenvolver o ciclo fechado e o reaproveitamento dos elementos utilizados, provocando uma eficiente gestão da matéria-prima, recursos hídricos e capital humano, possuindo preocupação social com o meio que está inserida, cuidado com os recursos naturais e gestão econômica eficiente. Em relação com o objetivo traçado para o trabalho, foi constatado que o mesmo foi alcançado, pois verificou-se as práticas de gestão sustentável realizadas pela empresa estudada e percebeu-se que vai ao encontro com a literatura sobre o assunto, sendo que o modelo da empresa pode ser constatado que é um modelo ambientalmente correto. Dentre os limites encontrados para o desenvolvimento da presente pesquisa pode-se destacar o estudo realizado em apenas uma indústria modelo. Como sugestão para pesquisas futuras orienta-se a formulação de análises pautadas no modelo do *Triple Bottom Line* para identificar possíveis melhorias em cada etapa do processo produtivo.

Referências

- Adegas, R. G. (2007). Perfil ambiental dos processos de fundição ferrosa que utilizam areias no estado do Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). – *Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais*. Porto Alegre, 2007.
- Balanço Energético Nacional, BEN. (1999). Ano Base, 1998, DNDE/SEM/MME.
- Berni, M., D., E Bajay, S., V. (2000). Geração de energia e a digestão anaeróbica no tratamento de efluentes: estudo-de-caso na indústria de papel. In: *Proceedings of the 3. Encontro de Energia no Meio Rural*.

- Bovolenta, M. A. (2012). Purificação do chumbo proveniente da reciclagem de baterias. Trabalho de conclusão de Curso. *Fundação Educacional do Município de Assis- FEMA Assis*.
- Brito, R. P. D., & Berardi, P. C. (2010). Vantagem competitiva na gestão sustentável da cadeia de suprimentos: um meta estudo.
- Brüseke, F. J. (1995). *O problema do desenvolvimento sustentável*. Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez.
- Buonicore, A. J., Davis, W. T., Air & Waste Management Association. (1992). Air Pollution Engineering Manual, New York –NY: Van Nostrand Reinhold – *International Thomson Publishing, Inc.* ISBN 0-442-00843-0.
- Callado, A. L. C. (2010). *Modelo de mensuração de sustentabilidade empresarial: uma aplicação em vinícolas localizadas na Serra Gaúcha*.
- Capulli, D., & Allevato, M. (1992). *Poluição Atmosférica Industrial - Perfis Tecnológicos de equipamentos de controle*. Rio de Janeiro.
- Carnin, R. L. P. (2008). Reaproveitamento do Resíduo de Areia Verde de Fundição como Agregado em Misturas Asfálticas. Tese Doutorado (Curso de Pós-Graduação em Química). Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.
- Castro, B. H. R. D., Barros, D. C., & Veiga, S. G. D. (2013). Baterias automotivas: panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global. *BNDES Setorial*, n. 37, mar. 2013, p. 443-496.
- Castro, B. H. R., Barros, D. C., & Veiga, S. G. (2013). Baterias automotivas: panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global. *BNDES Setorial Automotivo*, n. 37, p. 443-496. Rio de Janeiro, BNDES, mar. 2013.
- CEMPRE. (2012). *Compromisso Empresarial para Reciclagem*. Baterias de Chumbo-Ácido.
- Coral, E. (2002). Modelo de planejamento estratégico para a sustentabilidade empresarial.
- D'elboux F. A. Minimização de descarte de areias de fundição. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção) – *Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UNIMEP* - Universidade Metodista de Piracicaba, São Paulo.
- De Andrade, G. M., & Lintz, A. (2000). *Guia Para Elaboração de Monografias E Trabalhos de Conclusão de Curso*. Editora Atlas S.AS.

- Demográfico, I. C. (2010). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 04 dez. 2019.
- Empresa de Pesquisa Energética – EPE. (2016). In: Plano Nacional de Energia 2030. Disponível em: <http://epe.gov.br>. Acesso em: 04 dez. 2019.
- Ferracin, L. C. (2001). Desenvolvimento de Processo de Produção de Chumbo Eletrolítico a Partir de Sucata de Baterias Automotivas. *Projeto RHAE / CNPq*. Processo Institucional No. 610044/98-2.
- Gasparino, M. F., & de Souza, R. M. (2007). Análise de relatórios de sustentabilidade, com ênfase na GRI: comparação entre empresas do setor de papel e celulose dos EUA e Brasil. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 1(1), 102-115.
- Goldenberg, M. (2004). *A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais*. Rio de Janeiro: Record.
- Gonçalves, R. B., & Nascimento, L. B. (2000). Impacto da aplicação de técnicas de produção limpa: caso Pigozzi. Porto Alegre: *PPGA/UFRGS*. Tese de Doutorado.
- Goode, W. J., Hatt, P. K. (1979). Métodos em pesquisa social. 5a ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional.
- Hespanhol, I. (2003). *Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos*. In: Mancuso, P. C. S., & Santos, H. F. Reuso de Água. NISAM – USP, Barueri, SP.
- Hordeski, M. F. (2005). *Dictionary of Energy Efficiency Technologies*. 2. ed. Lilburn, GA, Estados Unidos: The Fairmont Press.
- Husain, I. (2003). *Electric and Hybrid Vehicles: Design fundamentals*. Boca Raton: CRC Press LCC, 270p.
- Instituto Metais Não Ferrosos – ICZ. (2019). Mercado do Chumbo. Disponível em: <http://www.icz.org.br/chumbo-mercado.php>. Acesso em: 04 dez. 2019.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2008). Coordenação de População, & Indicadores Sociais. *Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira*, nº. 23.
- Leite, P. R. (2003). *Logística reversa*. Meio Ambiente e Competitividade, v. 2.
- Machado, I. P. (2002). Avaliação Ambiental do Processo de Reciclagem de Chumbo. Campinas: Dissertação de mestrado. *Faculdade de Engenharia Mecânica*. Universidade Estadual de Campinas.
- Marques, M. (199). *Revista Gerenciamento Ambiental*, nº. 6, p. 10.

- Mierzwa, J. C. (2005). *Água na indústria: uso racional e reuso*. São Paulo: Oficina dos Textos.
- Milani, B., Righi, M. B., Ceretta, P. S., & da Veiga Dias, V. (2012). Práticas de Sustentabilidade, Governança Corporativa e Responsabilidade Social afetam o risco e o retorno dos investimentos?. *Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria*, 5, 667-682.
- Ministério do Meio Ambiente – MMA. (2009). *Resolução CONAMA nº 416*, de 30 de setembro de 2009. Altera e complementa a Resolução nº 258. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1 out. 2009.
- Monteiro, J. P. (2004). *Gerenciamento de Água na Indústria de Refino de Petróleo e as Perspectivas de Reuso*. UFRJ, RJ. Brasil.
- Motta, F. G. (2008). A cadeia de destinação dos pneus inservíveis: O papel da regulação e do desenvolvimento tecnológico. *Ambiente & sociedade*, v. 11, n. 1, p. 167-184.
- Motta, G. P. (2009). *Logística reversa em baterias automotivas: um estudo na Pioneiro Ecometais Ltda*.
- Munck, L., Galleli, B., & de Souza, R. B. (2013). Competências para a sustentabilidade organizacional: a proposição de um framework representativo do acontecimento da ecoeficiência. *Production*, 23(3), 652-669.
- Ozias, G. G. (2017). Logística reversa: um estudo de caso na baterias moura. Portal de Trabalhos Acadêmicos, 1(1).
- Porter, M. (1999). *Competição: Estratégias Competitivas Essenciais*, 9a edição, Rio de Janeiro, 1999.
- Sachs, I. (2000). *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. Editora Garamond.
- Sartori, S., Latronico, F., & Campos, L. (2014). Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. *Ambiente & sociedade*, 17(1).
- Sindipeças. (2009). *Comissão de Forecast*. Relatório: Estudo da Frota Circulante Brasileira em 2008. São Paulo.
- Sugimoto, L. (2004). Tese propõe metodologia para descarte de pneus. Jornal da Unicamp, 15 a 21 de março de 2004.
- Tachizawa, T., & Andrade, R. O. B. (2008). *Gestão socioambiental: estratégias na nova era da sustentabilidade*. 1. Campus, São Paulo.

- Teixeira, C. P. A. B., & Jardim, W. de F. (2004). Caderno Temático: Processos Oxidativos Avançados-Conceitos Teóricos. *Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas*, v. 3.
- Van Bellen, H. M. (2004). Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. *Ambiente & Sociedade*, 7(1), 67-88.
- Veiga, J. E. da. (2015). Desenvolvimento sustentável. Valor Econômico. São Paulo. Recuperado de: http://www.zeeli.pro.br/wp-content/uploads/2015/07/205_-_Desenv_Sust_-_28jul15.pdf. Acesso em: 04 dez. 2019.
- Wang, N., Zhu, H., Guo, Y., & Peng, C. (2018). The heterogeneous effect of democracy, political globalization, and urbanization on PM2.5 concentrations in G20 countries: Evidence from panel quantile regression. *Journal of Cleaner Production*, 194, 54–68. doi:10.1016/j.jclepro.2018.05.092
- Wastling, T., Charnley, F., & Moreno, M. (2018). Design for circular behaviour: Considering users in a circular economy. *Sustainability (Switzerland)*, 10(6). doi: 10.3390/su10061743
- Werning, J. P., & Spinler, S. (2019). Transition to Circular Economy on Firm Level: Barrier identification and prioritization along the value chain. *Journal of Cleaner Production*, 118609. doi:10.1016/j.jclepro.2019.118609
- Witt, M., [Verstraeten-Jochems](#), J., [Hoogzaad](#), J., & [Kubbinga](#), B. (2019). *The Circularity Gap Report 2019*. Circle Economy Club Report. Davos, Swece.
- Zils, M., Hawkins, P., & Hopkinson, P. (2017). Challenges and capabilities for scaling up circular economy business models – a change management perspective. *A new dynamic: effective business in a circular economy*. Isle of Wright: Ellen MacArthur Foundation.
- Zucchella, A., & Previtali, P. (2018). Circular business models for sustainable development: A waste is food restorative ecosystem. *Business Strategy and the Environment*. doi:10.1002/bse.2216