

Modelos de negócios e sustentabilidade ambiental – a ecologia industrial na siderurgia no Brasil**Business models and environmental sustainability - the industrial ecology in the steel industry in Brazil**

Recebimento dos originais: 25/06/2019

Aceitação para publicação: 30/07/2019

Patrícia Silva Ferreira

Doutora em Ciências (Microbiologia) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ)

Endereço: Rua Buenos Aires, 256, 6º andar, Rio de Janeiro - RJ, Brasil.

E-mail: patricia.ferreira@ifrj.edu.br

RESUMO

O presente estudo visa discutir como uma grande empresa brasileira pode se beneficiar com o uso estratégico de seus resíduos e efluentes tendo como pano de fundo o arcabouço teórico da Ecologia Industrial (EI). Para tal optou-se por um estudo de caso do setor de carboquímicos e cimentos da CSN, criados dentro da planta siderúrgica da Usina Presidente Vargas (UPV) em Volta Redonda - RJ. A partir de consulta de relatórios de desempenho e gestãodisponíveis no site institucional, e de trabalhos científicos publicados como teses e artigos, foi possível construir um perfil da empresa, estudar as fases da produção e os resíduos que são gerados e reaproveitados, assim como analisar modelos de negócios que surgiram a partir desses resíduos industriais. O projeto dos carboquímicos e cimentos foram implantados por conta do prejuízo ambiental que já havia sido gerado ao meio ambiente desde os anos 70. Sob o ponto de vista da Ecologia Industrial a empresa ampliou a sua capacidade de mercado, e conseguiu garantir a gestão ambiental e reciclagem de resíduos altamente perigosos. Os carboquímicos da CSN atualmente são usados como matérias-primas para produção de asfalto, tintas, desinfetantes, fertilizantes e muitos outros produtos, já os resíduos como a escória dos alto-fornos tem sido usados na fabricação de cimento portland CPIII, com características de alta resistência e baixo custo de produção, o que trouxe a criação de uma outra empresa do grupo – CSN cimentos. Com tais iniciativas a empresa gerou um novo portfólio de produtos abrindo novos mercados e conquistando clientes no Brasil e no mundo.

Palavras-chave: ecologia industrial, CSN, reciclagem, gestão ambiental;

ABSTRACT

This study aims to discuss how a large Brazilian company can benefit from the strategic use of its waste and effluents against the background of the theoretical framework of Industrial Ecology (EI). To do so, we chose a case study of CSN's carbochemicals and cement sector, created within the Presidente Vargas Steel Plant (UPV) in Volta Redonda - RJ. From consulting performance and management reports available on the institutional website, and from scientific works published as theses and articles, it was possible to build a company profile, study the production phases and the residues that are generated and reused, as well as analyze models that arose from this industrial waste. The project for carbohydrates and cements was implemented due to the environmental damage that

had already been generated to the environment since the 1970s. From the point of view of Industrial Ecology, the company expanded its market capacity, and managed to ensure environmental management and recycling of highly hazardous waste. CSN's carbons are currently used as raw materials for the production of asphalt, paints, disinfectants, fertilizers and many other products, while waste from blast furnace slag has been used in the manufacture of high-grade portland CPMI cement. resistance and low production cost, which led to the creation of another group company - CSN cimentos. With these initiatives the company generated a new product portfolio opening new markets and winning customers in Brazil and worldwide.

Keywords: industrial ecology, CSN, recycling, environmental management;

1 INTRODUÇÃO

A Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) surgiu como uma empresa estatal nos anos 40 durante governo de Getúlio Vargas e foi se aprimorando ao longo dos anos, tanto nas técnicas utilizadas para a produção do aço, quanto na logística e exploração de recursos naturais. Foi a primeira produtora integrada de aços planos no Brasil, um marco no processo brasileiro de industrialização. O seu aço viabilizou a implantação das primeiras indústrias nacionais. Em 1993, tornou-se um grupo privado e passou a diversificar seus negócios numa estrutura integrada (CSN, 2015; Leite, 2013). Hoje, a empresa desenvolve e oferece produtos de alto valor agregado para a indústria automobilística, fabricantes de eletrodomésticos, setor de embalagens e construção civil, além de ser uma das maiores exportadoras de minério de ferro do continente (CSN, 2015).

O histórico ambiental da CSN em sua planta industrial da Usina Presidente Vargas (UPV) na cidade de Volta Redonda – RJ, deixou diversos rastros de destruição que nunca serão apagados. A emissão de diversos gases da produção siderúrgica, de seus alto-fornos e outros processos; a poluição do solo e da água com os resíduos que eram dispensados de qualquer maneira. No ano 2000 a empresa teve de assumir diversos compromissos a partir de um termo de ajuste de conduta no valor acima de R\$30 milhões de Reais (Souza e Fonseca, 2009). Desde essa época a questão ambiental passou a ser um problema para empresa, e dentre as estratégias organizadas a CSN elaborou um Sistema de Gestão Ambiental, e diversas ações foram tomadas para minimizar danos ao ambiente e hoje a empresa é certificada com a ISO 14001.

Toda essa destruição ambiental, que atingiu uma vasta região e se espalhou, atacando trabalhadores e moradores da área, chamou a atenção do governo. O INEA (Instituto Estadual do Ambiente) começou a pressionar a empresa sobre seus impactos ambientais na área e em 2013 a empresa assinou um novo Termo de Ajuste de Conduta (TAC), se comprometendo a desembolsar um total de R\$ 189 milhões para resolver problemas ambientais em sua estrutura produtiva, em áreas contaminadas no Município de Volta Redonda e no Rio Paraíba do Sul (Leite, 2013).

A empresa já investiu nos últimos três anos mais de R\$ 200 milhões em obras de modernização da Usina em Volta Redonda e mais R\$ 16 milhões foram pagos ao Estado na forma de medida compensatória para investimentos em projetos de recuperação ambiental no município e na bacia do rio Paraíba do Sul.

A CSN já tinha adotado desde a década de 90 medidas na UPV de adoção de tecnologias que lhe proporcionaram ter uma planta autossustentável na questão da energética, pois alguns coprodutos que são gerados na planta industrial da UPV já eram utilizados como combustíveis e co-produtos na sua termoelétrica. Além da questão energética a empresa viu grande potencial na indústria carboquímica, e posteriormente de cimento. A geração destes subprodutos vem da produção do aço e assim a empresa percebeu que o tratamento destes resíduos e efluentes demandavam tecnologias diversas e muitos recursos, e tendo de cumprir diversas metas ambientais buscou formas de transformar seus resíduos em produtos. A CSN hoje tem seu campo de atuação diversificado como na mineração, siderurgia, mas também com logística, energia e cimento (Figura 1).

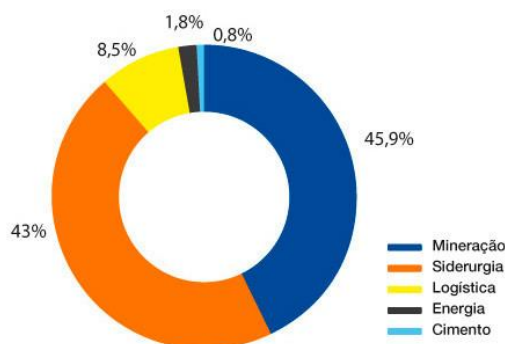


Figura 1 – Áreas de atuação do complexo CSN. Fonte: CSN (2015).

Desta forma o objetivo do presente trabalho é apresentar um estudo de caso com a CSN, do uso resíduos como uma proposta nova de modelo de negócios, que além de reduzir danos ambientais trouxe lucratividade e competitividade com sustentabilidade para empresa.

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 PRODUÇÃO DE AÇO

O aço passou a ser muito utilizado após a Segunda Revolução Industrial, pois as indústrias procuravam um material mais resistente ao desgaste, ao impacto, à corrosão, etc. Por possuir essas propriedades e por apresentar um baixo custo, o aço começou a ser implantado em cerca de 90% das produções industriais. O aço é basicamente uma liga de ferro com carbono. O ferro é encontrado na

natureza junto com oxigênio e sílica. O minério de ferro, um dos principais insumos para a produção de aço, é um óxido de ferro misturado com areia fina (Instituto Aço, 2009).

O carbono também é um insumo importante para a produção de aço e pode ser encontrado facilmente na natureza. Na produção de aço é utilizado o carbono mineral, em alguns casos usa-se o vegetal. Possui duplo papel na produção de aço, atua como combustível permitindo o alcance de altas temperaturas, e também como redutor, ligando-se ao oxigênio que é liberado em altas temperaturas, deixando o ferro livre, e esse processo ocorre no alto-forno. Antes de serem levados para o alto-forno, o minério de ferro é transformado em pelotas, e o carvão passa pelo processo de destilação para ser obtido o coque (Instituto Aço, 2009).

Na fase de redução, o ferro é levado ao alto-forno para a produção de ferro gusa, é nessa fase que impurezas como o calcário e a sílica (escória) se formam. Esses subprodutos são reaproveitados na fabricação de cimento. Após a fase de redução, o ferro gusa é levado para a aciaria, ainda em estado líquido, para ser transformado em aço, mediante queima de impurezas e adições. O refino do aço se faz em fornos a oxigênio ou elétricos, essa fase é chamada de refino (Instituto Aço, 2009).

A terceira fase é a laminação, nessa fase o aço é moldado de acordo com a finalidade dele. A CSN produz aço com diferentes combinações e para diferentes finalidades (Figura 2), podendo ser transformados em chapas grossas e finas, bobinas, vergalhões, arames, perfilados, barras etc (CSN, 2019).

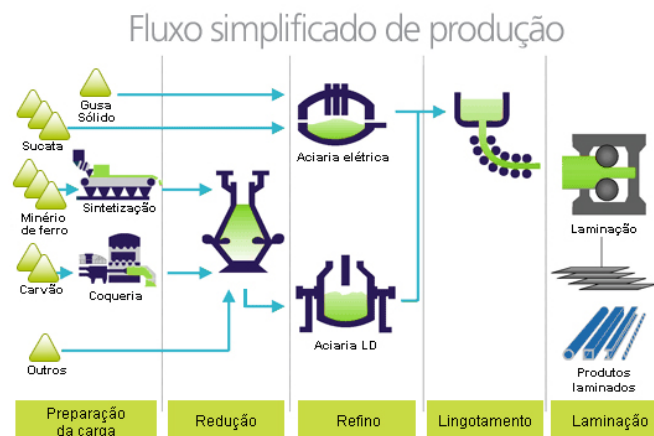


Figura 2 - Fluxo de produção do aço. Fonte: Instituto Aço (2009).

2.2 CARBOQUÍMICOS

Os carboquímicos que são produtos oriundos dos gases obtidos pela destilação do carvão mineral no decorrer do processo de produção de coque metalúrgico, utilizado como matéria-prima na fabricação de ferro-gusa nos altos-fornos.

Vários coprodutos são gerados a partir da produção do aço. A cada tonelada de aço produzida, gera-se aproximadamente de 500 a 600 kg de coprodutos. Inicialmente esses coprodutos eram considerados resíduos, portanto eram eliminados em aterros sanitários, e a água utilizada para resfriar o alto-forno, misturada com de metais pesados, era lançada no lago antes de passar por um tratamento (Tabela 1).

TABELA 1 – Resumo dos tipos de resíduos gerados na planta industrial siderúrgica. Fonte: Instituto Aço (2009).

Planta/Processo	Resíduos gerados
Coqueria	Gases (NO _x /VOCs), dioxinas, metano, benzeno, fenóis, compostos alifáticos.
Sinterização	Material particulado, dioxinas, gases (CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x , VOC _x).
Alto-forno	Fenóis, cianetos, amônia, sulfetos, gases (CO, CO ₂ , NO _x), refratários, escória.
Aciaria (refino primário)	Material particulado, metais (Zn), gases (CO, CO ₂ , VOC _x), metais solúveis, escória, material sedimentado, refratários.

Aciaria (refino secundário)	Gases (CO, CO ₂), material particulado, sucata, escória, refratários.
Lingotamento contínuo	Sucata, material particulado, sólidos suspensos, óleos.
Laminação	Óleos, ácidos, gases (CO, CO ₂ , SO _x , NO _x , VOC _x), material sedimentado, metais solúveis.

Fonte: Instituto Aço (2009) e CSN (2017).

A unidade de vendas especiais da CSN está dividida nos segmentos: a) Carboquímicos; b) Produtos Gerados: Escória de AF, Placas de Aço, Desvios Laminados e Metálicos; c) Alienados e Inservíveis; d) Desenvolvimento de Negócios (CSN, 2017).

2.3 PRODUTOS CARBOQUÍMICOS COM VALOR NO MERCADO

De acordo com dados da empresa os produtos carboquímicos são produzidos e comercializados sob rigoroso controle de qualidade atestado em certificado, emitido aos clientes pelos Laboratórios da Unidade Técnica de Redução. Este é dotado de modernos equipamentos e métodos analíticos atualizados, além de contar com o apoio técnico de uma equipe de especialistas no assunto (CSN, 2019).

Os clientes entram em contato pelo site da companhia, assinam contrato e adquirem os produtos dentro dos padrões que demandam no contrato. Desta forma a CSN não acumula resíduo na planta industrial e estes passam a ser considerados produtos para outras empresas, criando um ecossistema industrial, onde há uma relação sustentável entre demanda e procura, assim como uma articulação entre empresas de diferentes setores criando uma simbiose industrial. A Figura 3 mostra o fluxograma das etapas de tratamento e obtenção dos carboquímicos que são comercializados.

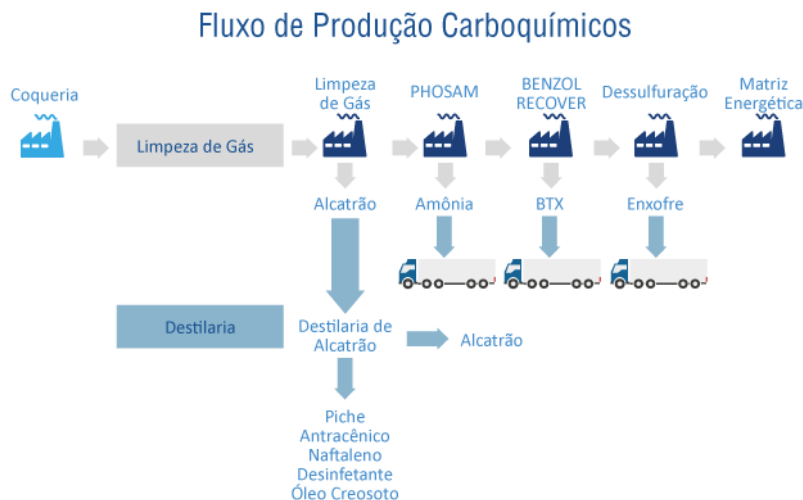


Figura 3—Separação e tratamento de Carboquímicos. Fonte: CSN (2019)

A primeira estação de tratamento representada no fluxograma é a **destilaria do alcatrão**, nessa unidade o alcatrão obtido do gás de coqueria bruto é destilado em etapas sucessivas, e geram os seguintes produtos:

Piche- Matéria-prima para a fabricação de eletrodos para fornos elétricos e pasta anódica para a produção de alumínio e ferro-ligas. Usado também como isolante térmico e revestimento de tubos na impermeabilização de lajes de concreto (CSN, 2019; Leite, 2013).

Óleo antracênico- Matéria-prima para a indústria de negro de fumo e na produção de pasta anódica. Também utilizado como combustível. (CSN, 2019; Leite, 2013).

Naftaleno- Matéria-prima para a fabricação de anidrido naftálico, corantes, naftalina, isolantes, produtos farmacêuticos, inseticidas e tanantes para as indústrias de couro e concreto (naftaleno sulfonado) (CSN, 2019; Leite, 2013).

Óleo desinfetante- Matéria-prima para a fabricação de desinfetantes, inseticidas, fenol refinado, cresóis e xilenóis (CSN, 2019; Leite, 2013).

Óleo creosoto- Matéria-prima para separação de minério por densidade no tratamento de gases e produção de pastaanódica (pasta fria) (CSN, 2019; Leite, 2013).

A segunda unidade de tratamento é a Unidade Phosam, onde ocorre a **remoção da amônia** contida no gás de coqueria, por meio da lavagem com solução de fosfato de amônia, sendo depois de tratada obtida a amônia anidra. A **amônia anidra** é destinada a produção de corantes, produtos farmacêuticos, naftalina, inseticidas, destinadas também à indústria de couro e concreto (naftaleno sulfonado).

A terceira unidade de tratamento é responsável por obter o **óleo BTX** (Benzeno, Tolueno e Xileno), a partir da lavagem do gás de coqueria bruto, essa unidade é chamada de Unidade Bezol Recovery. O óleo BTX é utilizado para a produção de solventes, na produção de resinas e age como intermediário químico nas indústrias em geral (CSN, 2019; Leite, 2013).

A quarta unidade de tratamento é a Unidade de Dessulfuração, responsável pela **remoção do enxofre** através de uma reação química catalítica com sulfeto de hidrogênio. O enxofre é utilizado na fabricação de ácidos sulfúrico, sulfeto e bissulfetos de sódio, fertilizantes e auxilia no tratamento do solo (CSN, 2019; Leite, 2013).

2.4 CSN CIMENTOS

Inaugurada em 2009, a empresa vem como uma nova área de atuação da CSN que tem por objetivo usar os resíduos da siderurgia em um novo processo para assim, evitar seu mau descarte. Tem por diferencial o uso da escória dos alto-fornos siderúrgicos como matéria prima de adição mineral para o cimento que produz (Figura 4), o CPIII de escória de alto forno. Na Figura 4 temos o fluxo de produção do cimento.

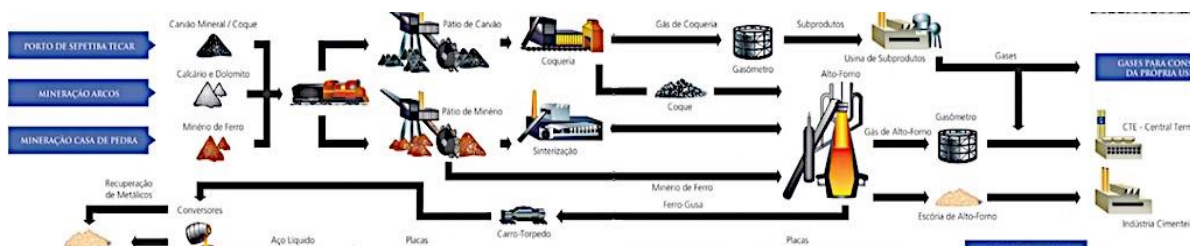


Figura 4- Fluxo operacional da produção da CSN. Fonte: CSN (2017)

2.5 PRODUÇÃO DE CIMENTO CPIII

De acordo com Catálogo de Produtos da CSN (CSN, 2019) o cimento produzido pela empresa, é o tipo CPIII, e tem a seguinte composição: a) Clínquer (25 a 65%); b) Escória (35 a 70%), e c) Calcário (0 a 5%). Essa formulação segue a norma brasileira que o regulamenta a fabricação de cimentos no Brasil - a NBR 5735. A formulação mesmo sendo padronizada tem um valor intermediário, isto é, valor máximo e mínimo de determinado composto pode deixar uma variação de dosagem, que acontece naturalmente uma vez que os resíduos de alto-forno são variáveis em função do tipo de aço em produção. No entanto, a CSN Cimentos apresenta produção de um tipo de cimento de alto valor agregado com maior resistência e durabilidade (Leite, 2013).

2.6 MAIOR RESISTÊNCIA

A alta escala de resistência do cimento do tipo CPIII produzido pela CSN se dá pelo alto teor das escórias provenientes dos alto-fornos siderúrgicos. Essa escória proporciona uma liberação de calor mais lenta, evitando fissuras no concreto (Leite, 2013; Guerreiro, 2014).

2.7 CLÍNQUER

O clínquer é o principal insumo na fabricação do cimento (25 a 65%, como dito anteriormente). É resultado da calcinação da mistura entre diversas substâncias, sendo as principais o calcário, argila, areia, bauxita e minério de ferro.

A partir dos dados obtidos na literatura (Leite, 2013; Guerreiro, 2014), a produção de cimento CSN é de alta qualidade devido ao clínquer que é utilizado em sua fabricação, feito de um tipo especial de calcário e as ligas metálicas do alto forno siderúrgico. O que promove uma grande resistência, maior que a dos outros cimentos.

Ao compararmos as normas Brasileira e Europeia (Tabela 2) que especificam os percentuais de clínquer e minerais nos cimentos verificamos que o cimento de referência (CP CEF) tem média de 67% na relação clínquer/calcário, e no CPIII tem uso inferior de clínquer quando comparado aos demais em ambas as normas. A adição mineral de escória cobriria essa diminuição do clínquer, substituindo e otimizando o cimento pela presença das ligas metálicas que trariam mais resistência.

Tabela 2 - Cimentos Portland nas normas brasileira e europeia.

Tipo de cimento	Abreviatura	Clínquer + sulfato de cálcio (limites superior e inferior)	Adições minerais	Participação de mercado (%)	Fonte
Norma brasileira					
Cimento Portland referência	CP REF	67%	escória de alto forno	-	WBCSD
Cimento Portland composto	CP II-E	94 - 56%/75%	escória de alto forno	61,1%	NBR 11578
	CP II-F	94 - 90%/92%	material carbonático		
	CP II-Z	94 - 76%/85%	material pozolânico		
Cimento Portland de alto forno	CP III	65 - 25%/45%	escória de alto forno	15,4%	NBR 5735
Cimento Portland pozolânico	CP IV	85 - 45%/65%	material pozolânico	14,8%	NBR 5736
Norma europeia					
Cimento Portland composto	CEM II/B-S	94 - 65%	escória de alto forno	57%	EN 197-1
	CEM II/A-L	94-80%	material carbonático		
	CEM II/A-P	79-65%	material pozolânico		
Cimento de alto forno	CEM III/A	64-35%	escória de alto forno	5%	
Cimento pozolânico	CEM IV/A	65-89%	material pozolânico	6%	

Cimento referência da indústria brasileira, relação clínquer/cimento de 0,67, adições minerais compostas majoritariamente por escória de alto forno (dados obtidos pelo projeto Getting the Numbers Right do WBCSD, 2014)

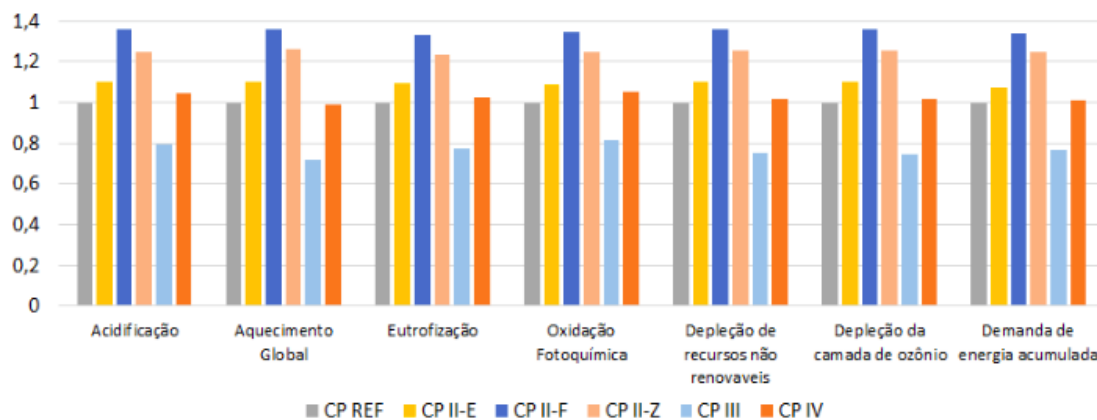
Percentual médio para relação clínquer/cimento utilizados nos cimentos Portland da norma brasileira

Fonte: Guerreiro (2014)

2.8 VANTAGENS AMBIENTAIS

Quando comparado os impactos causados pelos tipos de cimento produzidos (Guerreiro, 2014), o de tipo CPIII tem menores impactos na acidificação do ambiente, no aquecimento global, na eutrofização, na oxidação fotoquímica, na depleção de recursos não renováveis, e da camada de ozônio e na demanda de energia acumulada (Gráfico 1).

Gráfico 1- Análise dos impactos ambientais causados pelos cimentos Portland.



Fonte: Guerreiro (2014)

De acordo com os dados acima observamos então que o CPIII, tipo de cimento produzido pela CSN, tem efeitos ambientais minimizados em diferentes áreas e pode ser considerado o menos impactante entre os cimentos Portland.

2.9 VANTAGENS ECONÔMICAS

Economicamente, o cimento CSN diminui seus gastos com matéria prima, já que reutiliza a escória do alto forno da área siderúrgica na fabricação do cimento. O uso de menor insumo com o clínquer também diminui gasto com a fabricação de matéria prima que é realizada pela própria empresa. Um menor impacto ambiental também se torna mais lucrativo para empresa a partir do momento em que essa reduz seus gastos com as multas ambientais vindas do governo.

Além disso, a CSN possui uma grande vantagem competitiva devido a grande resistência que adquire pelas ligas metálicas provenientes da escória siderúrgica. As práticas sustentáveis da CSN estão repercutindo fora da empresa, que recebeu mais uma certificação que comprova seu engajamento em questões socioambientais. Dessa vez, o reconhecimento inédito foi conferido por

uma das principais empresas do mercado(a Whirlpool), que avaliou e aprovou os processos internos da CSN por meio do Programa de Auditoria e Certificação da Cadeia do Aço (CSN, 2013).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos grandes desafios da atualidade para a sustentabilidade dos negócios e o desenvolvimento dos sistemas produtivos tem sido a relação entre produção e impactos ambientais. Na concepção da Ecologia Industrial (EI), os sistemas produtivos são uma organização particular de fluxos de matéria, energia e informação. Sua evolução deve ser compatível com o funcionamento dos ecossistemas. A EI é, portanto, um campo que examina sistematicamente nos níveis locais, regionais e globais, o uso e influxos de materiais e energia em produtos, processos, setores industriais e economias. E assim discute o papel potencial da indústria em reduzir os danos ambientais, durante o ciclo de vida de um produto (e/ou processo), desde a extração da matéria prima até seu descarte final (Giannetti e Almeida, 2006).

Dentro da proposta do Desenvolvimento Sustentável a relação das atividades industriais e meio ambiente deve ser foco de inumeras estratégias de gestão das empresas que desejam o crescimento nos negócios. Outro ponto fundamental é que a EI também abre novas oportunidades para os negócios, tais como: redução de custos e obtenção de novos ganhos nas operações existentes; obtenção de novos mercados pela substituição de bens e serviços; comercialização de novas tecnologias, materiais e processos, entre outros (Giannetti e Almeida, 2006).

Com o presente estudo percebeu-se que a CSN começou com a planta de produção carboquímica como um meio de reduzir as multas ambientais, porém esse novo plano de negócio se tornou lucrativo para a empresa. Além disso, a CSN se tornou uma empresa autossustentável na questão da energética, pois alguns coprodutos que são gerados na destilação do carvão, passaram e ser utilizados como combustíveis na termoelétrica instalada na Usina Presidente Vargas (UPV), e outros tantos geraram produtos para uma diversidade de outras empresas. Alguns produtos gerados apresentam finalidades distintas, tais como: produtos farmacêuticos, para o agronegócio, na química fina, na siderurgia, na mineração, na metalurgia e em outros setores da economia brasileira e mundial.

Desta forma a CSN muitos resíduos passaram a ser considerados produtos para outras empresas, criando um ecossistema industrial, onde foi criada uma relação sustentável entre demanda e procura, assim como uma articulação entre empresas de diferentes setores criando uma simbiose industrial.

Com a CSN Cimentos a CSN criou uma nova área altamente lucrativa, ampliando o grupo de empresas e garantindo a diminuição nos impactos ambientais da planta siderúrgica da UPV. O cimento da CSN ganha competitividade ao lucrar com um antigo resíduo que se tornou matéria prima tendo

como vantagem um menor impacto ambiental tanto com a diminuição de resíduos da área siderúrgica que seriam mal descartados quanto por ser menos impactante durante a própria produção do cimento.

Estratégias como essas podem diversificar o portfólio de produto e influenciar na competitividade a empresa, garantindo sustentabilidade mais adequada as demandas do Desenvolvimento Sustentável servindo como modelo e exemplo da viabilidade das estratégias da EI no Brasil.

REFERÊNCIAS

Carvalho, M. B. M. **Impactos e conflitos da produção de cimento no Distrito Federal**, Dissertação de mestrado – Centro de desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília. Brasília. 187f. 2008.

CGEE/MCTI. **Siderurgia no Brasil**. Série Documentos Técnicos. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Ministérios de Ciência, Tecnologia e Inovação. CGEE: Brasília, nov. 2010, nº9. 112p., 2010.

CSN, **A Empresa**. 2017. Disponível em: <http://www.csn.com.br/default_pti.asp?idioma=0&conta=45> Acesso em fev/2019.

CSN. *Relatório Anual 2013* – Responsabilidade Ambiental. Disponível em: <http://www.csn.com.br/irj/go/km/docs/csn_multimidia/csn/html/rel2013/csn-pt/responsabilidade-ambiental/default.htm> Acesso em: fev/2016.

CSN. *Site Institucional*. Catálogo: Vendas Especiais. Disponível em: <http://www.csn.com.br/vendas_especiais/Default.asp?tipoC=66036&ed=3378> Acesso em fev/2019.

Giannetti, B. F.; Almeida, C.M.V.B. **Ecologia Industrial**: conceitos, ferramentas e aplicações. São Paulo: Edgard Blucher, 109p. 2006.

Guerreiro, A.Q., **Avaliação do ciclo de vida dos cimentos de produção mais significativa no Brasil**. Trabalho de diplomação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, dez 2014.

Instituto Aço Brasil. **O aço Processo Siderúrgico**. 2009. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site2015/processo.html>> Acesso em fev/2019.

Leite, D. A. N. **Empreendedorismo corporativo** e plano de negócio para novo negócio em empresa, 2013. 56f. Trabalho de graduação (Bacharelado em Engenharia de materiais) – Faculdade de Engenharia do campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

Souza, S. F.; Fonseca, S. U. L. **Logística reversa**: oportunidades para redução de custos em decorrência da evolução do fator ecológico. *Rev. Terc. Setor&Gestão*, Vol.3, n.1, pp. 29-39. 2009.