

# SIMBIOSE INDUSTRIAL E PRODUÇÃO MAIS LIMPA COMO ESTRATÉGIAS DE GESTÃO AMBIENTAL

## INDUSTRIAL SIMBIOSIS AND CLEAN PRODUCTION AS ENVIRONMENTAL MANAGEMENT STRATEGIES

Eduardo Herzer<sup>1,♦</sup>, Luiz Carlos Robinson<sup>2</sup>, Fabiano de Lima Nunes<sup>3</sup>

### RESUMEN

Temas relacionados ao meio ambiente são cada vez mais abordados na sociedade. Com a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos as organizações são instigadas a encontrarem alternativas viáveis no âmbito técnico e ambiental que visem a redução, reutilização e reciclagem dos resíduos gerados em seus processos, assim convergindo para um mesmo ponto comum a Produção Mais Limpa e a Simbiose Industrial. O objetivo deste estudo foi identificar possibilidades de aplicação da Produção Mais Limpa e Simbiose Industrial que auxiliem na gestão dos resíduos sólidos em uma Indústria de Laminados Sintéticos do Vale do Sinos por meio de um estudo de caso. Os dados foram coletados por meio de um mapeamento dos resíduos, entrevistas não estruturadas e consultas a documentos. Os resultados demonstraram que existe a possibilidade de aplicação da Produção Mais Limpa para reduzir a geração de resíduos sólidos e com a Simbiose Industrial com a venda ou troca de resíduos com empresas parceiras da região que reutilizem ou reciclem em seus processos. Os resultados apontam a redução do passivo ambiental e uma economia projetada de 95% com destinação de resíduos comparado com o estimado gasto na situação sem a aplicação destas estratégias.

**Palavras-chave:** Simbiose Industrial, Produção Mais Limpa, Gestão de Resíduos Sólidos, Sustentabilidade, Indústria de Laminados Sintéticos.

### ABSTRACT

Issues related to the environment are increasingly addressed in society. With the implementation of the National Solid Waste Policy, organizations are encouraged to find viable alterations in the technical and environmental scope that aim to reduce, reuse and recycle the waste generated in their processes, thus converging to this same common point Cleaner

<sup>1</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental. Universidade Feevale. Novo Hamburgo. Rio Grande do Sul - Brasil. [orcid.org/0000-0003-1564-1444](https://orcid.org/0000-0003-1564-1444)

<sup>2</sup> Professor do Curso de Engenharia de Produção. Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Feevale. Novo Hamburgo. Rio Grande do Sul - Brasil. [orcid.org/0000-0003-1109-6127](https://orcid.org/0000-0003-1109-6127)

<sup>3</sup> Professor do Curso de Engenharia de Produção. Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Feevale. Novo Hamburgo. Rio Grande do Sul - Brasil. [orcid.org/0000-0001-5384-3720](https://orcid.org/0000-0001-5384-3720)

♦ Autor de correspondência: [duduherzer@hotmail.com](mailto:duduherzer@hotmail.com)

Production and Industrial Symbiosis. The objective of this study was to identify the possibilities of applying Cleaner Production and Industrial Symbiosis to assist the management of solid waste in a Sinos Valley Synthetic Laminate Industry by means of a case study. The data were collected through a residue mapping, performed through unstructured interview and document consultation. The results showed that there is a possibility of applying Cleaner Production to reduce solid waste generation and with Industrial Symbiosis, with the sale or exchange of waste with partner companies in the region that reuse or recycle their processes. The results point to the reduction of environmental liabilities and a projected 95% savings in waste disposal compared to the estimated expenditure on the situation without the application of these strategies.

**Keywords:** Industrial Symbiosis, Cleaner Production, Solid Residue Management, Sustainability, Synthetic Laminates Industry

## INTRODUÇÃO

A temática ambiental tem se tornando um tema em voga na sociedade contemporânea, seja no espaço: escolar, universitário, jornalístico, empresarial, governo, jurídico e técnico-científico. (Bezerra Júnior, 2013) Discussões acerca de como o esgotamento e o racionamento de recursos naturais, da poluição, degradação do solo, extinção da fauna e da flora e as queimadas devido ao desenvolvimento econômico da sociedade tornam-se cada vez mais frequentes. (Rettner, 1977; Barbieri, 2012; Shuai *et al.*, 2017). Uma das práticas que pode reduzir o impacto ambiental dos processos industriais de grupos de empresas, é a simbiose industrial (Boons *et al.*, 2017) e a Produção Mais Limpa (Unido, 2016)

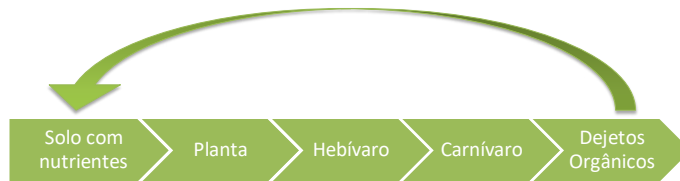
As empresas brasileiras em sua maioria ainda se limitam a atender a legislação ambiental (controle da poluição e descarte de resíduos sólidos e efluentes líquidos). Entretanto as obrigações ambientais estão coligadas ao mercado e negócios, assim passando a ser fator decisivo para a concorrência empresarial, no qual surge oportunidade de negócios para empresas de todos os portes. A gestão ambiental tem preceito de que o potencial competitivo seja aumentado, por meio de ações de inovação em seus produtos e processos para gerar resultados positivos ao meio ambiente e para as organizações por meio da redução da poluição e novas plataformas de negócios. (Almeida *et al.*, 2001; Silva Filho & Sicsú, 2003; Barbieri, 2012; Bánkuti & Bánkuti, 2014; Loss *et al.*, 2017), neste contexto pode ser empregado a simbiose industrial e Produção Mais Limpa.

A simbiose industrial tem sido considerada uma eficaz solução para a redução dos impactos ambientais e do consumo dos insumos e recursos em estudos avançados para a geração de modelos de produção sustentáveis (Yazan *et al.*, 2016; Boons *et al.*, 2017). A Produção mais Limpa visa por meio de suas contribuições reduzirem os impactos sobre o meio ambiente e auxiliar na perpetuidade de empreendimentos através da redução das perdas de insumos e geração de resíduos. (Caetano *et al.*, 2017).

Neste contexto, esta pesquisa visa responder a seguinte questão: “como a Simbiose Industrial e a Produção Mais Limpa podem auxiliar na gestão dos resíduos sólidos em uma indústria brasileira de laminados sintéticos em poliuretano (PU) da região do Vale do Sinos?”. Este estudo tem como objetivo geral, identificar as possibilidades de aplicação da Produção Mais Limpa e Simbiose Industrial em uma empresa brasileira de laminados sintéticos do Vale do Sinos. Com o intuito de alcançar este objetivo geral, se tem como objetivos específicos: (i)

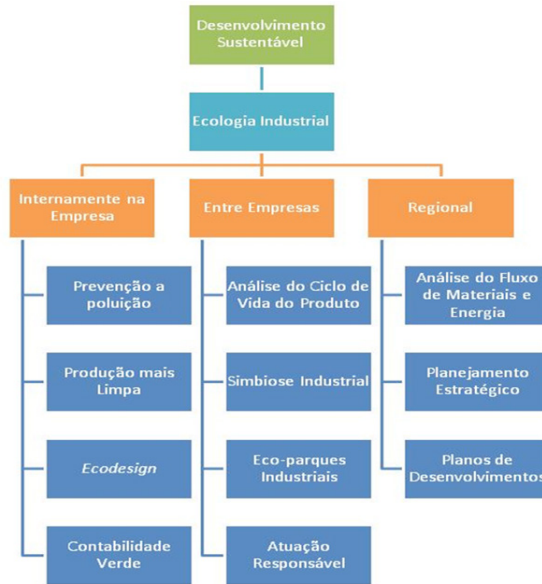
identificar as fontes e os resíduos gerados na empresa de laminados sintéticos; (ii) avaliar as características técnicas dos resíduos; (iii) verificar as oportunidades de reciclagem e reutilização destes resíduos como matérias-primas internamente e externamente e; (iv) estimar as vantagens econômicas e ambientais que podem ser obtidas com a proposta apresentada neste trabalho.

A ecologia industrial teve início com Frosch e Gallopoulos (1989) que postulavam no seu artigo intitulado de “*Strategies for Manufacturing*” que as atividades industriais deveriam se assemelhar a um ecossistema biológico, onde os vegetais absorvem do solo os nutrientes, onde este era o alimento do herbívoro que por consequência seria o alimento do carnívoro e por fim os dejetos orgânicos voltam ao solo como nutrientes para os vegetais, como sugere a Figura 1 (Odum & Barrett, 2011).



**Figura 1.** Esquemática da ecologia biológica  
Fonte: Adaptado pelos autores de Odum e Barrett (2011)

Tendo como objetivo precaver a geração de resíduos, desperdícios e o consumo insustentável, a ecologia industrial visa desenvolver uma rede consciente e enxuta de processos industriais. Além dessa ideia, também busca a integração de gestores, engenheiros, economistas e políticos que tenham como ideal uma economia astuciosa no tocante ao meio ambiente. (Giannetti & Almeida, 2006; Rocha, 2010). A ecologia Industrial pode ser classificada em três níveis de abrangência: a interna da empresa, entre empresas e a regional. A Figura 2 exemplifica, apresentando abaixo de cada nível de abrangência as ferramentas e estratégias empregadas em cada nível (Chertow, 2000).

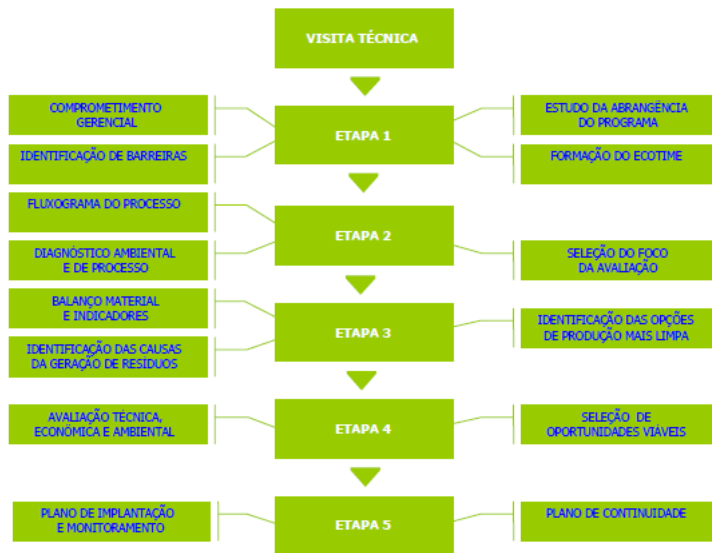


**Figura 2.** Abrangência da Ecologia Industrial.  
Fonte: Adaptado pelos autores de Chertow (2000)

A interação entre as empresas se caracteriza como o objetivo da ecologia industrial, por meio de processos e produtos nos três níveis de abrangência. Além disso, o entendimento entre a interação dos sistemas ecológicos e industriais são fatores chaves para gerar resultados ambientais na ecosfera, seja nos componentes bióticos e abióticos por meio destas. Compreende-se, que o foco da ecologia industrial é a busca do desenvolvimento sustentável por meio do entendimento da interação entre as indústrias e meio ambiente (Gianneti & Almeida, 2006).

A Produção Mais Limpa consiste em uma estratégia ambiental integrada e preventiva aplicada aos processos, produtos e serviços com o intuito de melhorar a eficiência da utilização de matérias-primas, energia e água por meio da não geração, redução ou reciclagem dos resíduos e emissões, gerando benefícios econômicos como a redução de riscos ambientais e da saúde dos seres humanos, na abrangência interna à empresa. (Chertow, 2000; CNTL, 2003; Unido, 2016). Os benefícios da aplicação do Produção Mais Limpa podem ser vários. O Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) (2003) descreve que existem benefícios econômicos e ambientais tais como: redução de custos com gerenciamento de resíduos e emissões, a minimização e eliminação de desperdícios e materiais impactantes a natureza, uma melhora na saúde e segurança ocupacional e a diminuição de passivos ambientais.

O CNTL (2003) apresenta um modelo baseado em cinco etapas que descrevem as atividades a serem executadas para implementar um programa de Produção Mais Limpa, A Figura 3 demonstra de forma lógica as etapas, que se inicia por definições básicas, passando por uma etapa de diagnóstico e identificação, uma de avaliação e finalizando com a implantação e continuidade. Alguns afirmam que esta filosofia é capaz de ser utilizada em todo ciclo de vida do produto, ou seja, desde a etapa de concepção, projeto, consumo até o descarte, assim fazendo com que amplie sua atuação (Giannetti & Almeida, 2006).



**Figura 3.** Passos para P+L  
 Fonte: CNTL (2003)

O termo “simbiose” consiste na convivência comunitária de dois ou mais seres vivos que vivem em harmonia para que todos sobrevivam no espaço que dividem, como, por exemplo, os vegetais e animais (Ferreira, 2008). A simbiose industrial é uma abordagem empresarial coletiva, na qual, as empresas que eram afastadas por tradição, realizam trocas e compartilhamento de materiais, recursos, resíduos, subprodutos, produtos semielaborados, energia e **água**, podendo estes ser útil em processos industriais adjacente gerando vantagens competitivas por meio da redução de custos, agregação de valor e melhor desempenho ambiental. Além do compartilhamento de recursos tangíveis, existe a possibilidade do compartilhamento de intangíveis como o conhecimento e recursos humanos em nível operacional e gerencial. (Chertow, 2000; Rocha, 2010; Baas, 2011; Cruz, 2014).

A Simbiose Industrial está baseada em três informações: geográfica, organizacional e sobre os processos, como ilustra a Figura 4. Cabe atentar que se houver a ausência de uma das informações a Simbiose Industrial se invalida. Estes pilares oferecem sustentação para o intercâmbio de materiais e energia, além de servirem para arquitetar uma rede de interconectividade produtiva local. A colaboratividade e as possibilidades sinérgicas proporcionadas pelas proximidades geográficas são chaves do sucesso para a Simbiose Industrial (Chertow, 2000; Pereira *et al.*, 2007).



**Figura 4.** Pilares da Simbiose Industrial  
 Fonte: Adaptado pelos autores de Pereira *et al* (2007)

Porém quando uma rede é expandida, devem ser levadas em consideração as informações logísticas e mercadológicas como demonstra a Figura 5. A mercadológica consiste na relação entre oferta e demanda e a logística busca entender os meios e métodos que promovem o fluxo de materiais. Observa-se que a simbiose industrial se estrutura por meio de informações geográficas, organizacionais, processuais, mercadológicas e logísticas (Pereira *et al.*,2007).



**Figura 5.** Informações de uma Rede de Simbiose Industrial  
Fonte: Adaptado pelos autores de Pereira *et al* (2007)

O escopo da simbiose industrial é baseado em um melhor desempenho econômico empresarial e comunitário; além da proteção ambiental. A prática da simbiose industrial demonstra ganhos cíclicos nas esferas econômicas, sociais e ambientais por meio do “*roundput system*” onde os ganhos ocorrem desde a entrada até a saída (Starlander, 2003). Estes ganhos podem ser exemplificados por melhores condições de trabalho, redução de custos e minimização de impactos ambientais. (Korhnen, 2005 *apud* Rocha, 2010)

## MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa foi realizada em uma Indústria de Laminados Sintéticos situada em Novo Hamburgo / RS – Brasil, mais especificamente nos setores de produção e qualidade e meio ambiente. A natureza desta pesquisa é aplicada. Quanto a objetivos, a pesquisa é exploratória, do ponto de vista dos procedimentos é um estudo de caso junto com uma pesquisa bibliográfica e documental. Quanto à abordagem, essa pesquisa é quantitativa e qualitativa. (Prodanov & Freitas; 2013, Miguel *et al.* 2012; Yin, 2010).

Este estudo levou em consideração os resíduos sólidos gerados pela empresa e apenas a Simbiose Industrial em nível de troca e venda de resíduos e subprodutos. Os dados levantados para este estudo foram obtidos por meio de entrevistas não estruturadas realizadas pelos pesquisadores com funcionários e consulta a documentos da empresa. A empresa não autorizou a divulgação do fluxo de produção por questões de sigilo industrial. A metodologia de trabalho empregada neste estudo está delineada na Figura 6.



**Figura 6.** Metodologia da Pesquisa.  
Fonte: Elaborado pelos autores.

A delimitação do tema consistiu em determinar os conceitos que seriam trabalhados no estudo (simbiose industrial e produção Mais limpa), a problemática e a definição de objetivos consistiu em definir qual era o problema e o objetivo do estudo em questão. A pesquisa bibliográfica buscou utilizar da literatura publicada em livros, artigos e leis para ser suporte na operacionalização do estudo. O levantamento das fontes geradoras teve como objetivo verificar qual processo que gera e qual resíduo, a classificação buscou verificar o que era resíduo perigoso (Classe I) e não perigoso (Classe II) como sugere a NBR 10004 (ABNT, 2004). A caracterização consistiu em verificar qual é o tipo de material que o resíduo contém. A verificação de oportunidades procurou elencar onde poderia ser aplicada a Produção Mais Limpa e a simbiose industrial. A estimativa dos resultados buscou comparar os resultados financeiros da proposta e por fim se realizou as considerações final do estudo.

## RESULTADOS E ACHADOS DA PESQUISA

Para identificar os resíduos gerados na empresa, foi elaborado um mapeamento de resíduos, onde foram elencados os principais resíduos gerados e marcados por meio de um “x” no processo que o gera, como é apresentada na Tabela 1. Esta análise apurou apenas resíduos sólidos, assim dispensando o consumo de energia e emissões atmosféricas e efluentes. Nota-se que os resíduos mais gerados eram as aparas têxteis, panos contaminados, restos de madeira, resíduos de papelão e EPI’s (equipamentos de proteção individual) contaminados, sendo que estes eram destinados a reciclagem, reuso, aterro industrial e coprocessamento (destinação de resíduos para alimentação de fornos de cimenteira). Além destes resíduos elencados, foi possível constatar a geração dos resíduos de varrição que é destinado para aterro industrial.

**Tabela 1. Mapeamento de Resíduos.**

MAPEAMENTO DE RESÍDUOS												
Entradas	Mistura	Revisão Base	Espalmagem	Rotogravura	Estamparia	Sublimação	Revisão Final	Amaciamento	Saídas	Destino		
										Classe I	Classe IIA	Classe IIB
Resinas de PU	X	X	X						Sobras de Laca	X		Co-processamento
Aditivos	X	X	X									
Pigmentos	X	X	X						Solvente Contaminado	X		Destilação
Solventes	X	X	X									
Bases Tecidas e Não Tecidas de PU	X	X	X	X	X	X	X	X	Aparas de base e refilos		X	Aterro Industrial
Panos de Limpeza	X	X	X	X	X	X	X	X	Panos contaminados	X		Co-processamento
Papel Relance			X		X				Resíduos de Papel relance		X	Reutilização
Lâmina Transfés PET					X				Lâmina de PET		X	Aterro Industrial
Embalagens Plásticas	X								Embalagens Plásticas contaminada	X		Reutilização
Embalagens Metálicas	X								Embalagens Metálicas não contaminada		X	Reciclagem
Pallet	X	X	X	X	X	X	X	X	Restos de Madeira		X	Co-processamento
EPI's (Luvas, máscaras, sapatos, uniformes)	X	X	X	X	X	X	X	X	EPI's Contaminados	X		Co-processamento
Embalagens plásticas de materiais		X							Resíduos de plásticos		X	Reciclagem
Embalagens de papelão de materiais (tubetes)	X	X	X	X	X	X	X	X	Resíduos de papelão		X	Reciclagem

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa.

A Tabela 2 apresenta a geração de resíduos no ano de 2015 tendo como base os relatórios enviados para a Secretária de Meio Ambiente do Município. A nomenclatura dos resíduos apresentados na Tabela 2, segue as regras da FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler), na qual foi adotado pela empresa para a destinação. Para facilitar o entendimento, a coluna “observações” descreve a equivalência destes com os elencados anteriormente na Tabela 1.

**Tabela 2. Geração de Resíduos 2015.**

Geração de Resíduos 2015				
Resíduo	Classe	Total Gerado 2015	Unidade Medida	OBS
A0990 - Outros resíduos não perigosos	II	5,298	Tonelada	Varredura e Filme PET
A0051 - Resíduo Metálico (Tambores)	II	455	Unidade	Embalagens Metálicas
A0060 - Resíduo de Papel, Papelão	II	20,3	Tonelada	Papel Relance
A0060 - Resíduo de Papel, Papelão	II	2,89	Tonelada	Papelão
A0071 - Resíduo plástico (filmes e peq. embalagens)	I	0,39	Tonelada	Embalagens
A0090 - Resíduo de madeira	II	0,16	Tonelada	Restos de madeira
F0044 - Solvente contaminado	I	30,2	Metros Cúbicos	Solvente
F0050 - Outros resíduos perigosos	I	47,8	Tonelada	Panos contaminados, EPI's e Restos de Lacas
X043 - Bombonas contaminadas	I	29	Unidade	Embalagens Plásticas

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa.



Observa-se na Tabela 2 que a maior parte dos resíduos gerados é de Classe II e estes são advindos de quase todos os processos produtivos. Percebe-se a necessidade de aplicar a Produção Mais Limpas para reduzir a geração na fonte. A Tabela 3 demonstra o preço médio pago para o descarte e transporte de resíduos no ano de 2015. Os valores apurados têm base em contratos firmados pela a empresa com seus fornecedores.

**Tabela 3.** Preço estimado da Destinação de Resíduos

Gastos de Descarte e Transporte de Resíduos			
Resíduos	Destino	Gastos Descarte	Gastos Transporte
Sobras de Laca	Co-processamento	R\$ 600,00 por tonelada	R\$230,00 por 40 tambores de 200L
Panos contaminados			
EPI's Contaminados			
Restos de Madeira	Co-processamento	R\$ 140,00 por 5m <sup>3</sup>	sem custo
Aparas de base e refilos	Aterro Industrial	RS 284,00 por tonelada	R\$ 325,00 por viagem
Lâmina de PET			
Varrições não Contaminadas			

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa.

A Tabela 4 apresenta os gastos estimados para o descarte dos resíduos em 2015, por meio da multiplicação do preço de descarte com o total gerado. Os gastos de transportes não foram estimados por falta de informações de capacidade dos veículos dos transportadores. Isso foi realizado, uma vez que a empresa não disponibilizar o dado preciso por questões de sigilo.

**Tabela 4.** Estimativa de Gastos com Destinação de Resíduos.

Estimativa de Gasto Anual com Descarte de Resíduos				
Resíduos	Destino	Gastos Descarte	Total Gerado	Gasto Ano
Sobras de Laca	Co-processamento	R\$ 600,00 por tonelada	47,8	R\$ 28.680,00
Panos contaminados				
EPI's Contaminados				
Restos de Madeira	Co-processamento	R\$ 140,00 por 5m <sup>3</sup>	5	R\$ 140,00
Aparas de base e refilos	Aterro Industrial	RS 284,00 por tonelada	5,298	R\$ 1.504,00
Lâmina de PET				
Varrições não Contaminadas				
<b>Total</b>				<b>R\$ 30.324,00</b>

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa.

Como pode ser compreendido, o gasto com coprocessamento é o mais expressivo para a empresa, representando cerca de 95% do gasto com descarte. Os outros 5% representam os que são destinados a aterro industrial, sendo assim, o destino mais barato. Na Tabela 5 observa-se que os resíduos gerados na empresa são plásticos, celulose, tecidos e solventes orgânicos; em que boa parte destes resíduos são passíveis de reutilização e reciclagem. Por

meio do mapeamento, quantificação e caracterização dos resíduos, foi possível avaliar as oportunidades de aplicação de Produção Mais Limpa e simbiose industrial.

**Tabela 5.** Caracterização dos Resíduos.

Caracterização dos Resíduos	
Resíduos	Característica
Sobras de Laca	Polímero Poliuretano
Solvente Contaminado	Dimetiletilformamida / Tolueno / Metiletilcetona / Butilglicol
Aparas de base e refilos	Malhas textéis tecidas e não tecidas impregnadas com Poliuretano
Panos contaminados	Tecidos sintéticos variados
Resíduos de Papel ralance	Celulose com cobertura de silicone
Lâmina de PET	Polímero Politereftalato de etileno
Embalagens Plásticas contaminada	Polímero polipropileno
Embalagens Metálicas não contaminada	Metal ferroso
Efluente Industrial	Água contaminada com compostos orgânicos e PU
Restos de Madeira	Madeira
EPI's Contaminados	Tecidos sintéticos variados e plásticos variados
Varrições não Contaminadas	Areias e pós industriais
Resíduos de plásticos	Polímero Poliestireno
Resíduos de papelão	Celulose

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa.

As oportunidades de melhoria foram focadas nos resíduos que são destinados a aterro industrial e coprocessamento. A Tabela 6 evidencia as oportunidades de Produção Mais Limpa encontradas nos processos da empresa.

**Tabela 6.** Oportunidades de Produção Mais Limpa.

Oportunidades de P+L			
Resíduos	Caracterização do Resíduo	Oportunidade	Nível
Solvente contaminado	O solvente é utilizado para limpeza de instrumentos das máquinas e para isso se utiliza um galão de 5 litros e panos	Trocar os Galões de 5 Litros por Pipetas de 0,5 litros para evitar desperdícios	Redução na Fonte
Panos Contaminados	Os panos ou "estoupas" são utilizados para a limpeza de instrumentos e máquinas e descartados posteriormente	Trocar por tolas laváveis e retornáveis	Redução na Fonte
Resíduos de Laca	As lacas são sobras do processo de espalmagem e rotogravura	Realizar reciclagem interna das lacas por meio de uma classificação prévia em produtos de linha	Reciclagem Interna

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa.

Como podem ser notadas, as oportunidades de Produção Mais Limpa elencadas estão ligadas a processos internos da empresa, como redução de consumos, boas práticas de produção e modificação de processo e matérias primas. Com baixos investimentos é possível adotar estratégias preventivas que aumentem a eficiência dos recursos e reduza a geração de resíduos. (CNTL, 2003; Silva Filho & Sicsú, 2003; UNIDO, 2016). Trocar materiais e equipamentos de produção podem ser uma alternativa que auxilia na redução do consumo de insumos como evidenciado no estudo. A reciclagem interna pode ocorrer com o objetivo de

efetuada a produção de produtos com valor agregado, ao invés de destinar resíduos que oneram resultados financeiros da empresa.

As oportunidades de simbiose industrial são apresentadas na Tabela 7, onde também elen- cam qual a tecnologia de reciclagem empregada para o seu uso. Como não foi encontrada uma alternativa para reciclar os resíduos de varrição e EPIs contaminados próximo à em- presa, o mesmo deveria continuara ser enviado para coprocessamento, assim não gerando passivos ambientais futuros para a empresa.

**Tabela 7. Oportunidades de Simbiose Industrial.**

<b>Oportunidades de Simbiose Industrial</b>			
<b>Resíduos</b>	<b>Situação Atual</b>	<b>Oportunidade</b>	<b>Tecnologia</b>
Aparas Têxteis	Enviadas para aterro industrial	Utilizar para fazer palmilhas e contrafortes	Reciclagem Mecânica
Sobras de Laca	Enviado para co- processamento	Utilizar para fazer tintas	Reciclagem Química
Restos de Madeira	Enviado para co- processamento	Utilizar para gerar energia colorificas em caldeiras	Reciclagem Energética
Lâmina PET	Enviado para aterro	Utilizar para fazer utilizade domésticas	Reciclagem Mecânica
Solventes Contaminados	Enviado para Destilação	Utilizar para fazer tintas	Reciclagem Química

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa

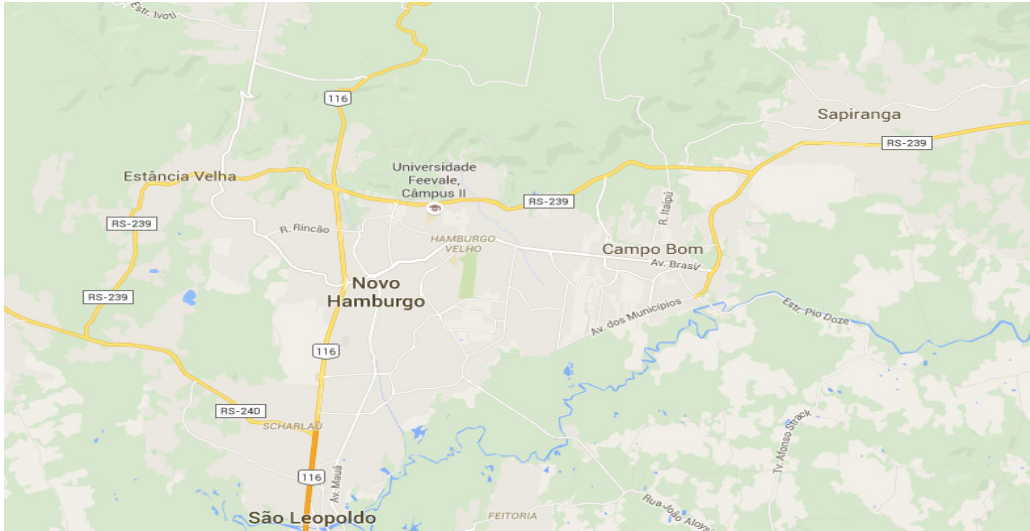
Observa-se que as oportunidades de simbiose industriais, estão ligadas a troca ou venda de resíduos com empresas que dominam as tecnologias de reciclagem apontadas. Depois de encontrar um meio de reciclagem, foi construída a Tabela 8 onde se buscou a Localização de empresas denominada “parceiros” que dominem a mesma, foi utilizado o site de busca *Google* com palavras chaves (exemplo: tecnologia+resíduo+município) e o conhe- cimento dos pesquisadores. As identificações dos possíveis parceiros foram preservadas.

**Tabela 8. Localização das Empresas.**

<b>Empresa Localização</b>			
<b>Resíduos</b>	<b>Tecnologia</b>	<b>Empresa</b>	<b>Localização</b>
Aparas Têxteis	Reciclagem Mecânica	ABC	Sapiranga
Sobras de Laca	Reciclagem Química	DEF	Estância Velha
Restos de Laca	Reciclagem Energética	GHI	Estância Velha
Lâmina PET	Reciclagem Mecânica	ABC	Sapiranga
Solventes Contaminados	Reciclagem Química	DEF	Estância Velha

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa.

As empresas ficam localizadas em municípios próximos ao da empresa, a Figura 7 apresenta a empresa e a localização dos parceiros. A proposta de simbiose industrial leva em conside- ração as informações organizacionais, geográficas e de processos. Observa-se a presença das informações de logística e mercadológica, como por exemplo, a localização dos parcei- ros e onde cada resíduo pode ser utilizado como matéria-prima são fatores para o sucesso da proposta (Pereira *et al.*, 2007).



**Figura 7.** Localização da Empresa e Parceiros.  
Fonte: Adaptado pelos autores do *Google Maps* (2016)

Inicialmente a proposta consiste em uma estratégia de venda e troca de resíduos entre uma empresa e três parceiros distribuídos em três municípios do Vale do Sinos, porém é possível aumentar para uma rede simbiótica. Nesta estratégia de simbiose industrial, podem ser adicionadas ainda as táticas de troca e compartilhamento de conhecimento, materiais, água e energia e subprodutos em seus processos com o intuito de gerar vantagens competitivas, financeiras, estratégicas e ambientais por meio de parcerias da empresa com clientes, fornecedores, instituições de ensino e entidades de classe como postulam os autores. (Chertow, 2000; Rocha, 2010; Baas, 2011; Cruz, 2014)

Os resultados apurados da proposta se restringiram a financeiros e ambientais. Para apurar o resultado financeiro, foi apurado o valor gasto estimando no ano de 2015 que consta na Tabela 3 e depois projetado um valor, no qual foi realizado uma comparação entre ambos para apurar a economia que poderá ser obtida com a proposta. Foi projetada uma geração total de rejeitos de 2,65 toneladas no decorrer de um ano. Estes rejeitos são os resíduos que não possuíam tecnologia de reciclagem e reaproveitamento disponíveis na região. Este valor foi multiplicado pelo valor do coprocessamento de R\$ 600,00 por tonelada, assim alcançando o valor de R\$ 1590,00. Com a finalidade de simular um aumento no preço do coprocessamento, foi acrescido 15% no valor do momento, assim chegando em R\$ 690,00 por tonelada. Ao se multiplicar o valor reajustado com projeção de geração de rejeito, alcançando um valor de R\$ 1828,50

**Tabela 9.** Comparativo de Economias com a Proposta

Comparativo						
Situação Atual	Situação Proposta (s/ Aumento de preço)	Economia (s/ Aumento de preço)	Economia % (s/ Aumento de preço)	Situação Proposta (c/ Aumento de preço)	Economia (c/ Aumento de preço)	Economia % (s/ Aumento de preço)
R\$ 30324,00	R\$ 1590	28734,00	95%	R\$ 1828,50	R\$ 28495,50	94%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Como se evidencia na Tabela 9, o retorno projetado seria 95%, com as condições estimadas e preço no momento da análise. Outro ponto, é que mesmo com um reajuste de 15% no preço do coprocessamento, o retorno é de 94%. Esta redução nos gastos pode ser vista como estratégica, já que este valor pode ser utilizado para ser investido em uma nova tecnologia na qual incremente a receita. Não foram levados em consideração os custos operacionais internos de manejo e gestão dos resíduos nos quais não impactam de forma significativa no resultado.

O resultado ambiental evidente é a redução dos passivos ambientais, por meio da aplicação da Produção Mais Limpa e Simbiose Industrial os resíduos seriam reduzidos e reciclados internamente e após podem ser reciclados externamente em empresas que manufaturem em outro produto com valor agregado Existem outros resultados que neste estudo não foram mensurados como os de saúde, segurança operacional e os sociais, que são citados em outros estudos. (CNTL, 2003; Unido, 2016; Korhnen, 2005 *apud* Rocha, 2010; Starlander, 2003).

Outro ponto, é que a proposta contempla os princípios da Lei Federal Nº 12.305 de 2010 na qual apresenta que os resíduos devem ser reduzidos, reutilizados e reciclados e os rejeitos serem dispostos. Essa ação gera resultados benéficos no âmbito ambiental, social e econômico. Além de uma Gestão Ambiental que promova oportunidade de negócios e gere valor para as empresas e o desenvolvimento sustentável para as organizações e comunidade. (Almeida *et al.*, 2001; Thomas & Callan; 2010; Ministério do Meio Ambiente, 2012).

No estudo de Tanimoto (2004), pode ser evidenciado que a escória do cobre que era um resíduo em primeiro momento, passou a ser uma matéria-prima para outros processos por meio de pesquisas desenvolvidas entre a Caraiba Metais e universidades. Através desta postura a empresa passou a vender o resíduo de escória de cobre como um subproduto gerando resultados financeiros, reduzindo o impacto ambiental e gerando uma imagem positiva ao mercado. Ao traçar um paralelo do presente estudo, nota-se que os resultados a serem obtidos são vantajosos para a empresa e sociedade por meio da redução do impacto ambiental e geração de recursos financeiros através de parcerias.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo principal identificar as possibilidades de aplicação de Produção Mais Limpa e Simbiose Industrial. Com Produção Mais Limpa a proposta foi um trabalho focado em redução na fonte e reciclagem interna. Com a simbiose industrial, foi possível

propor uma rede simbiótica entre empresas para inicialmente trocar ou vender resíduos e subprodutos a partir da empresa. Compreende-se que ambos os conceitos utilizados tem relevância para o ambiente empresarial por gerar redução de custos e vantagens competitivas.

As estratégias empregadas na proposta buscam estar em consonância com as diretrizes da legislação brasileira. Os resultados se mostram atrativos, pois diminuir os gastos com descartes de resíduos em até 95%, podendo ser considerado um fator competitivo e a redução dos passíveis ambientais é vantajosa, pois, a empresa deixa de responder por este no futuro, caso apresentar algum problema. Além destes resultados, foram constatados alguns pontos a melhorar, caso seja firmado a rede simbiótica. As dificuldades encontradas foram na coleta de dados, pois os resíduos são agrupados para a destinação conforme os códigos da FEPAM. Outro ponto foi encontrar empresas que dominassem as tecnologias de reciclagem.

## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. *NBR N.º 10004 Classificação do resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, RJ. ABNT: 2004, 80 p.

ALMEIDA, J.R., MELLO, C.S. and CAVALCANTI, Y. *Gestão ambiental: planejamento, avaliação, implantação, operação e verificação*. 1. ed. Rio de Janeiro: Ed Thex , 2001. p.259.

BAAS, L. Planning and Uncovering Industrial Symbiosis: Comparing the Rotterdam and Östergötland Regions. *Business Strategy and the Environment*, 2011, **20**, 428-440.

BÂNKUTI, S. M. S. and BÂNKUTI, F. I. Gestão ambiental e estratégia empresarial: um estudo em uma empresa de cosméticos no brasil. *Gestão & Produção*, 2014, **21**, 171 - 184.

BARBIERI, J.C. *Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. 3. ed. São Paulo: Ed Saraiva. 2012, p. 358.

BEZERRA JÚNIOR, J.T. *The Market of Distribution of Electric Power In Maranhão: a study on environmental proactivity. Dissertação (Mestrado)*. Universidade Federal do Maranhão, São Luís. 2013.

BOONS, F., CHERTOW, M., PARK, J., SPEKKINK, W., and SHI, H. *Industrial symbiosis dynamics and the problem of equivalence: Proposal for a comparative framework*. *Journal of Industrial Ecology*, 2017, **21**( 4), 938-952.

CAETANO, M. D. D. E., DEPIZZOL, D. B. and REIS, A. O. P. Análise do gerenciamento de resíduos sólidos e proposição de melhorias: estudo de caso em uma marcenaria de Cariacica, ES. *Gest. Prod*, 2017, **24**(2), 382-394.

CHERTOW, M. R. Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 2000, **25**, 313-337.

CNTL. [Centro Nacional de Tecnologias Limpas]. *Implementação de Programas de Produção Mais Limpa*. Porto Alegre: SENAI, 2003. p. 46.

CRUZ, R. R. *Desenvolvimento de uma plataforma virtual de colaboração para reaproveitamento de resíduos e descartáveis na indústria. Dissertação (Mestrado)*. UNISINOS, São Leopoldo. 2014

FERREIRA, A. B. H. *Miniaurélio: o minidicionário da língua portuguesa* dicionário. 7 ed. Curitiba: Ed. Positivo, 2008. p. 895.

FROSCHE, R., and GALLOPOULOS, N. Strategies for Manufacturing. *Scientific American*, 1989, **261**(3), 144-152.

GIANNETTI, B. F. and ALMEIDA, C. M. V. B. *Ecologia industrial: conceitos, ferramentas e aplicações*. 1. ed. São Paulo: Ed Blücher, 2006, p. 109.

GOOGLE MAPS. Localização da Empresa e Parceiros. [en línea] 2016. [Acesso em 01/06/16] Disponível em <<https://www.google.com.br/maps/place/Novo+Hamburgo,+RS/@-29.7112247,-51.1519276,12z/data=!4m5!3m4!1s0x9519424a-d6403661:0x5d959f79a24a61c8!8m2!3d-29.6880479!4d-51.1333376>>.

MEDINA, O. Anarquismo y leyes justas. En: *Jot Down* [en línea]. 2014. Disponible en: <http://www.jotdown.es/2014/09/anarquismo-leyes-justas/> [consulta: 12 noviembre 2014].

LOSS, R., THEIS, V. and SCHREIBER, D. Análise Reflexiva da Relação de Variáveis Motivacionais com a Cultura Organizacional em uma Indústria de Componentes para Calçados. *GESTÃO.Org - Revista Eletrônica de Gestão Organizacional*, 2015, **13**, 164-175.

MIGUEL, P. C. MORABITO, R., PUREZA, V. *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de produção e Gestão de Operações*. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed Campus, 2012, p. 280.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação. Brasília. 2012. 156 pp. [en línea] [Acesso em 21/02/16]. Disponível em <[http://www.mma.gov.br/estruturas/182/\\_arquivos/manual\\_de\\_residuos\\_solidos3003\\_182.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/manual_de_residuos_solidos3003_182.pdf)>.

ODUM, E. P. and BARRETT, G W. *Fundamentos de ecologia*. São Paulo: Ed Cengage Learning, 2011. p. 612.

PEREIRA, A.S.; LIMA, J.C.F. and RUTKOWSKI, W. *Ecologia Industrial, Produção e Ambiente: uma discussão sobre as abordagens de inter-conectividade produtiva*. In *:1st International Workshop Advances in Cleaner Production*. 2007. São Paulo.

PRODANOV, C.C. and FREITAS, E. C. *Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2. ed. Novo Hamburgo: Ed. Feevale, 2013, p. 276.

RETTNER, H. O Esgotamento dos Recursos Naturais: Catástrofe ou Interdependência? *Revista Administração de Empresas*, 1977,**17**(2), 15-21.

ROCHA, L. K. *Simbiose Industrial Aplicada na Interrelação de Empresas e Seus Stakeholders na Cadeia Produtiva Metal-Mecânica na Bacia do Rio Dos Sinos. Dissertação (Mestrado)*. UNISINOS, São Leopoldo. 2010

SHUAI, C., JIAO, L., SONG, X., and SHEN, L. Decoupling Analysis on the Relationship

between Economic Development and Environment Degradation in China. In *Proceedings of the 20th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate*; Springer: Singapore, 2017. p. 1207–1216.

SILVA FILHO, J.C.G. and SICSÚ, A.B. Produção Mais Limpa: uma ferramenta de Gestão Ambiental aplicada às empresas nacionais. *XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto. 2003*

STARLANDER, J. E. . *Industrial Symbiosis: A Closer Look on Organizational Factors, a study based on the Industrial Symbiosis project in Landskrona*". Thesis (Ph.D). Sweden, October. 2003

TANIMOTO, A. H. *Proposta de simbiose industrial para minimizar os resíduos sólidos no Pólo Petroquímico de Camaçari*. Dissertação de mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo Salvador – BA. 2004

THOMAS, J. M. and CALLAN, S. J. *Economia ambiental: fundamentos, políticas e aplicações*. São Paulo: Ed Cengage Learning, 2010. p. 556.

Unido [United Nations Industrial Development Organization]. Resource Efficient and Cleaner Production (RECP) [en línea] [Acesso em 26/03/16]. Disponível em: <http://www.unido.org/index.php?id=o5152>.

YAZAN, D. M.; ROMANO, V. A. and ALBINO, V. The design of industrial symbiosis: an input–output approach. *Journal of Cleaner Production*, 2016, **129**, p. 537-547.

YIN, R K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 4. ed. Porto Alegre: Ed Bookman, p. 248. 2010