

## (RE) APROVEITAMENTO DE SUCATA NO RAMO METAL-MECÂNICO FRENTE À SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

(RE) UTILIZATION OF SCRAP METAL-MECHANICAL BRANCH IN FRONT OF ENVIRONMENTAL  
SUSTAINABILITY

Lucas Almeida dos Santos<sup>1</sup>, Luciana Fighera Marzall<sup>2</sup> e Leoni Pentiado Godoy<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mestrando em Engenharia de produção, PPGE, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

<sup>2</sup>Mestranda em Engenharia de produção, PPGE, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

<sup>3</sup>Doutora em Engenharia de produção, PPGE, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

### Resumo

No atual contexto mundial o tema da sustentabilidade torna-se cada vez mais importante para operação das empresas. Desta forma, empreendimentos brasileiros estão buscando adaptar-se a esta nova realidade de mercado, vislumbrando melhorias em seus processos as quais refletem em índices ótimos de rendimento e minimização dos percentuais de desperdício. À luz destes índices, realizou-se uma pesquisa-ação em uma indústria do ramo metalúrgico de médio porte da região central do Rio Grande do Sul, especializada em fabricação de peças cortadas a laser, atendendo o mercado a nível nacional. Assim, fez-se necessário o uso de dados históricos da organização referente ao consumo de matéria-prima, o aço, além de um entendimento de como ocorre à gestão da produtividade na organização. Como resultado foi possível verificar que o desperdício de materiais encontra-se por volta de 31%. Através deste resultado, geraram-se ações no sentido de aproveitar os retalhos resultantes do processo produtivo, em busca do maior rendimento da matéria-prima empregada. Ademais, tem-se que, a diminuição da taxa de desperdício do material empregado pela empresa, torna a mesma mais competitiva com relação ao mercado de corte laser, além de adequar-se a tendência de mercado mundial, quanto à sustentabilidade ambiental.

**Palavras-chave:** Corte Laser. Produtividade. Aproveitamento. Sucata. Sustentabilidade.

### Abstract

In today's world the theme of sustainability becomes increasingly important for the operation of companies. Thus, Brazilian enterprises are seeking to adapt to this new market reality, seeing improvements in their processes which reflect on great production performance and minimizing the percentage of waste. In light of these indices, there was an action research in an industry metallurgical industry midsize central region of Rio Grande do Sul, specializing in the manufacture of laser cut parts, serving the market at a national level. Thus, it was necessary to use historical data of the organization related to the consumption of raw material, steel, plus an understanding of how productivity management in the organization occurs. As a result it was possible to verify that the waste material is around 31%. Through this result, we generated actions to seize the flaps resulting from the production process, in search of higher yield of raw material used. Moreover, we have that, the decrease of waste material used by the company, makes it more competitive with respect to the laser cutting market in addition to adjusting the trend of the world market, as environmental sustainability.

**Keywords:** Laser Cutting. productivity. utilization. Scrap. Sustainability..

## 1. Introdução

De acordo com as novas tendências mundiais, cada vez mais as organizações estão indo ao encontro de trabalhar dentro do contexto da sustentabilidade. No Brasil esta mudança não se difere dos demais países que estão se adaptando à nova realidade do mercado: empresas que não têm foco em sustentabilidade estão fadadas à descontinuidade de sua operação. Isso ocorre por consequência do forte movimento mundial no sentido da preservação do meio ambiente e utilização racional dos recursos naturais disponíveis na natureza.

Os recursos naturais são materiais provenientes da natureza, os quais possuem renovação em longas escalas de tempo. Isto significa que estes recursos não são capazes de se reproduzir na mesma velocidade em que são consumidos pelo ser humano e em alguns casos estes não são renováveis, ou seja, suas fontes são finitas e a escassez de certos componentes na natureza já faz parte da realidade do nosso ecossistema.

A indústria do aço está associada à história de desenvolvimento do Brasil. Das usinas siderúrgicas instaladas no País saiu o aço de nossas hidrelétricas, torres de transmissão, edifícios, pontes e viadutos. O aço está nas máquinas e equipamentos que impulsionam o agro-business e todos os segmentos industriais. O aço é o material usado em todos os meios de transporte e está presente em todos os momentos de nosso dia-a-dia. Logo, a preocupação com a sustentabilidade econômica deve estar integrada com questões sociais e ambientais, uma vez que, a qualidade de vida da população está interligada aos recursos naturais disponíveis, que muitas organizações utilizam na fabricação dos bens de consumo geral.

O presente estudo, realizado em uma indústria metalúrgica de médio porte da região central do Rio Grande do Sul, que utiliza o corte a laser em seu processo produtivo, debruça-se na busca por alternativas que melhore os índices de reaproveitamento de matéria-prima, o aço, evitando assim, desperdícios, escassez das fontes naturais e custos operacionais, bem como, otimizando o consumo dos insumos, além da redução dos impactos sobre o meio ambiente. Destarte, justifica-se esta pesquisa, devido ao fato de que as empresas, especialmente as do ramo da metalurgia, necessitam de ações estratégicas para a redução do desperdício de material utilizado na fabricação de seus produtos, para que possam crescer de forma sustentável, transformando os desafios deste cenário de atuação em oportunidades de crescimento sócio-ambiental.

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 A Indústria Do Aço No Brasil

A história da indústria do aço sempre esteve diretamente ligada à história de desenvolvimento dos países. O aço inova e se renova constantemente para atender às demandas de todos os tipos de aplicação. Foi parte importante da Revolução Industrial, como material primordial para substituir a produção artesanal pela produção em larga escala, sendo, cada vez mais importante na sociedade atual, estando presente nos transportes, nas linhas de produção, na geração de energia, no dia a dia da população e será importante no futuro, servindo e se adaptando às necessidades das próximas gerações, (IAB, 2014).

Segundo o Relatório de Sustentabilidade - IAB (2014), divulgado pelo Instituto Aço Brasil, a situação adversa no comércio internacional do aço e os fatores que afetam a competitividade da indústria brasileira, as empresas produtoras de aço têm investido para manter as unidades de produção modernizadas e com nível de desempenho similar ao das melhores empresas do mundo, conforme pode ser constatado na Figura 1.

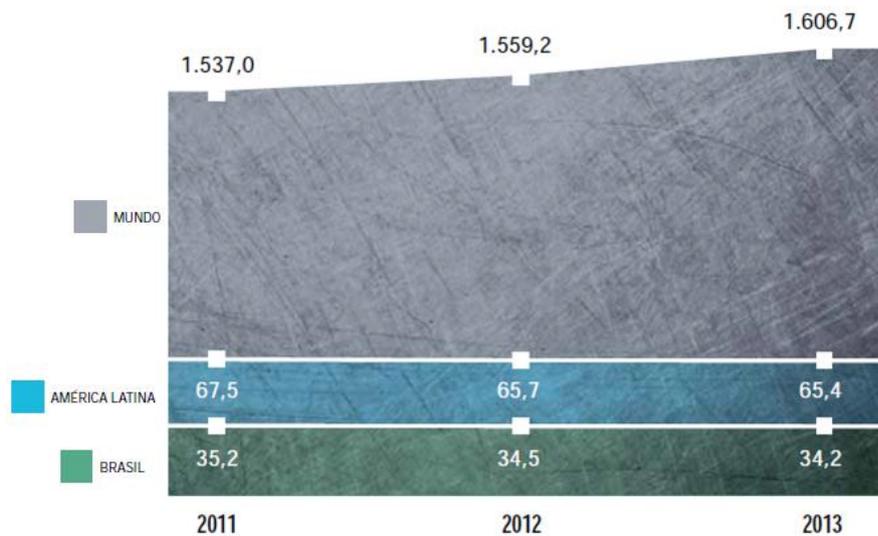


Figura 1 – Produção de Aço Bruto 106t  
 Fonte: Aço Brasil – Relatório de Sustentabilidade 2014.

No que tange o mercado nacional do aço, a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2012), juntamente com o Instituto Aço Brasil (IAB, 2014), elucidam que o parque produtor de aço no Brasil está instalado em 10 estados, conforme apresentado na Figura 2, havendo maior concentração na região Sudeste, compreendida por Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Esta região responde por 94% da produção de aço do país e nela estão localizadas todas as seis grandes usinas integradas a coque, além de seis das sete que operam à base de carvão vegetal.

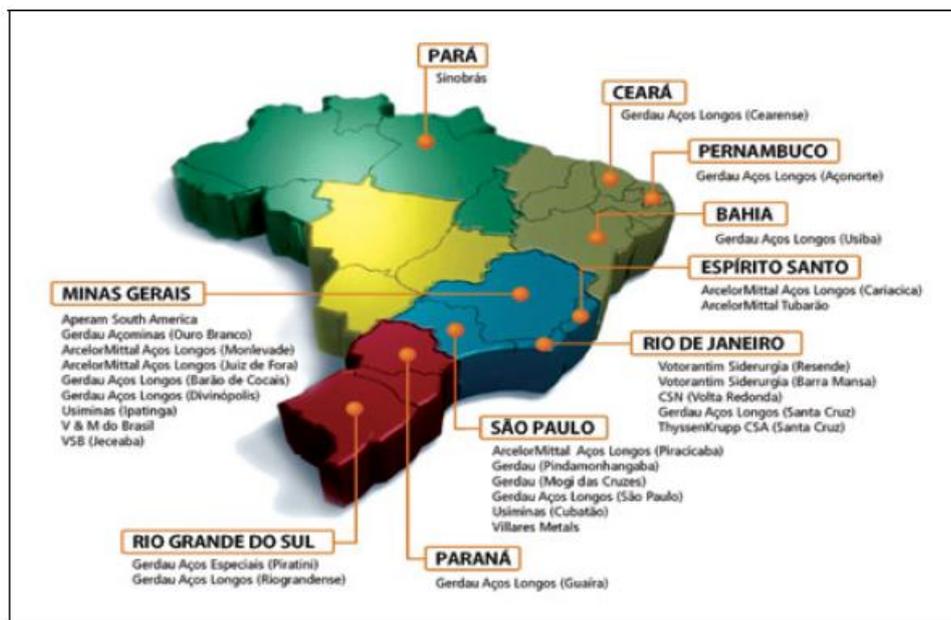


Figura 2 - Parque produtor de aço no Brasil  
 Fonte: Instituto Aço Brasil, 2014

De acordo com a CNI (2012), este setor possui, atualmente, capacidade instalada para fabricar mais de 47 milhões de toneladas de aço por ano, e um parque produtor que conta com 29 usinas, sendo 14 integradas e 15 semi-integradas, todas de grande porte, controladas por onze diferentes grupos empresariais.

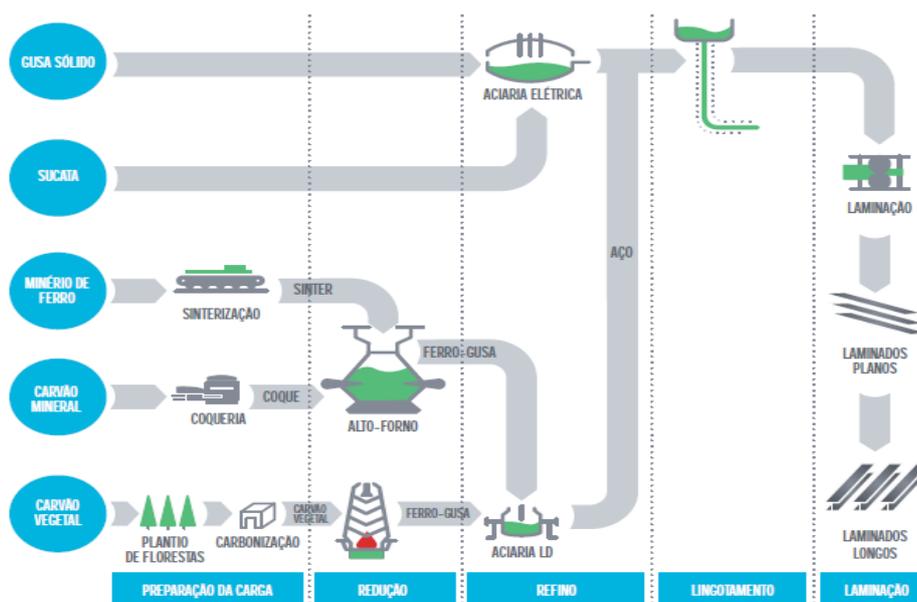


Figura 3 - Fluxo simplificado da produção do Aço  
Fonte: Instituto Aço Brasil

As usinas integradas, conforme estudo apresentado pela CNI (2012) são aquelas que produzem aço a partir do minério de ferro, usando o carvão (mineral ou vegetal) como agente redutor, nos altos fornos, para obtenção do ferro metálico, cabendo ressaltar que o carvão vegetal somente é usado em altos fornos de menor capacidade. As usinas semi-integradas não têm a etapa de redução e usam sucata de aço e ferro gusa para alimentar as aciarias elétricas.

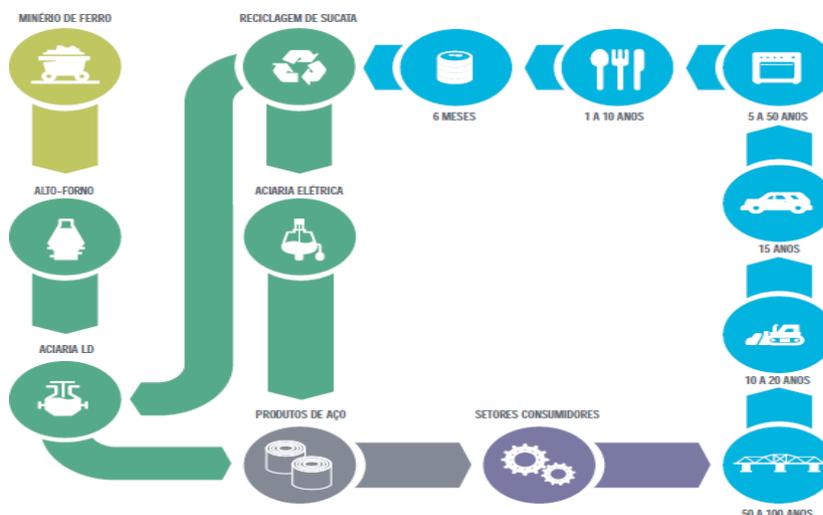


Figura 4- O ciclo do Aço  
Fonte: Aço Brasil – Relatório de Sustentabilidade 2014

Conforme publicado no Relatório de Sustentabilidade (2014), o fato de ser 100% reciclável faz do aço um material altamente sustentável. Na construção civil, por exemplo, se comparado a outros, o aço apresenta vantagens porque, ao fim de sua vida útil, retorna à cadeia produtiva. Mesmo com a reciclagem, não perde em qualidade, possuindo uma durabilidade elevada conforme pode ser observado na Figura 4.

O aço é o produto mais reciclável e (re)aproveitado do mundo. Quando finda sua vida útil, todos os produtos tornam-se sucatas que retornam aos fornos das usinas para a produção de aço com a mesma qualidade (INBS, 2010). O setor de produção do aço tem seu olhar voltado para o desenvolvimento sustentável, priorizando o uso racional de recursos naturais e insumos, evitando

desperdícios de energia e de água e adotando tecnologias que permitem reduzir seus impactos sobre o meio ambiente. O aço é constituído de quatro componentes químicos disponíveis na natureza: o carbono, o manganês, o fósforo e o enxofre, sendo misturadas em quantidades diferentes para a formação de ligas metálicas com diferentes durezas (QUALINOX, 2014).

## 2.2 Aço e Sustentabilidade

O desenvolvimento sustentável é impossível sem o uso do aço. O aço é essencial no transporte, na construção, na geração e transmissão de energia e no cotidiano da população (CNI, 2012). Assim, o aço possui uma característica fundamental que é ser 100% reciclável. O aço pode ser reciclado indefinidamente, sem perda de qualidade. Todo o aço que for consumido no país poderá, no futuro, ser reciclado e voltar a ser usado em novos produtos com finalidades, inclusive, distintas das anteriores.

Dessa forma, conforme elucidado pela CNI (2012), o uso eficiente de matérias-primas, reutilização e reciclagem já estão no topo da agenda pública. Para a indústria de aço, a gestão da água, o impacto do aço durante o ciclo de vida de produtos e o uso de co-produtos da indústria de aço, estão relacionadas com áreas focais importantes da agenda nacional. Logo, o aço é parte da solução na transição para uma economia verde, possuindo outras características como resistente, durável, flexível, sendo necessário, uma vez que está presente em nosso dia a dia, em inúmeras aplicações, trazendo conforto, qualidade e segurança às pessoas.

Baseada nos três pilares da sustentabilidade – econômico, social e ambiental – a indústria do aço ocupa-se não somente em manter seu foco nos resultados financeiros, mas também no compromisso com os aspectos socioambientais, o que se pode notar nos seus planejamentos estratégicos. O principal desafio tem sido o de aperfeiçoar a gestão integrada dos aspectos econômico, social e ambiental em todos os processos das associadas, (IAB, 2014).

Segundo Ministério do Meio Ambiente – MMA - (2014), sustentabilidade é um termo usado para definir ações e atividades humanas que visam suprir as necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações. Está diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico e material sem agredir o meio ambiente, usando os recursos naturais de forma inteligente para que eles se mantenham no futuro.

Relacionado à responsabilidade social, está intimamente ligada com deveres e obrigações dos indivíduos e das organizações em terem uma postura de base voluntária em contribuir para uma sociedade mais justa, que possa trazer benefícios mútuos, melhorando a qualidade de vida dos funcionários, quanto da sua atuação da empresa e da própria população. Também está ligada a um ambiente mais limpo, onde as instituições tenham consciência no cumprimento das obrigações destas perante a sociedade, tanto de nível interno, com a interação dos trabalhadores, quanto de nível externo, que seriam os parceiros de negócio (BERTÉ, 2007).

Conforme Dalf (2010), a sustentabilidade é um termo usado que procura definir ações e atividades humanas que visam suprir às necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações. A sustentabilidade está diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico e material sem agredir o meio ambiente, usando os recursos naturais de forma inteligente para que eles se mantenham no futuro. Na prática, sustentabilidade é a capacidade que um indivíduo tem de manter-se inserido num determinado ambiente sem, contudo, impactar violentamente esse meio. É agir com responsabilidade, justiça e inteligência, sem comprometer as necessidades das gerações futuras (CARTILHA SUSTENTABILIDADE, 2012).

Em outras palavras, sustentabilidade é a capacidade de se auto-sustentar, de se auto-manter. Uma atividade sustentável qualquer, é aquela que pode ser mantida por um longo período indeterminado de tempo, ou seja, para sempre, de forma a não se esgotar nunca, apesar dos imprevistos que podem vir a ocorrer durante este período. Pode-se ampliar o conceito de sustentabilidade, em se tratando de uma sociedade sustentável, que não coloca em risco os recursos naturais como o ar, a água, o solo e a vida vegetal e animal dos quais a vida (da sociedade) (PHILIPPI, 2001).

## 2.3 A Transformação do aço por meio do corte a *Laser*

O corte do aço no processo produtivo, como parte de transformação da matéria-prima, pode ser através do *Laser*, que, tecnicamente, trata-se de uma sigla formada pelas letras iniciais das palavras *Light amplification by stimulated emission of radiation* que, em português, quer dizer: amplificação da luz por emissão estimulada da radiação, Bartz *et al* (2011). O laser é um sistema que produz um feixe de luz concentrado, obtido por excitação dos elétrons de determinados átomos, utilizando um veículo ativo que pode ser sólido (o rubi) ou um líquido (o dióxido de carbono sob pressão).

Para Secco *et al* (2006), laser é um dispositivo que produz um feixe de luz concentrado, obtido por excitação dos elétrons de determinados átomos, utilizando um veículo ativo que pode ser um sólido (o rubi) ou um líquido (o dióxido de carbono sob pressão). Este feixe de luz produz intensa energia na forma de calor.

Na concepção de Gaspar (2009), tem que a incidência de feixe de laser sobre um ponto de uma peça é capaz de fundir e vaporiza até mesmo o material em volta deste ponto. Desse modo, é possível furar e cortar, praticamente, qualquer material independente de sua resistência mecânica.

A usinagem a laser apresenta várias vantagens, pois é uma ferramenta que não precisa de contato mecânico com a peça e sua utilização atinge graus de precisão e funcionalidade antes impossíveis. Conforme Gollmann (2010), o raio laser é um sistema que produz um feixe de luz concentrado, obtido por excitação dos elétrons de determinados átomos. No processo de corte a laser, um dispositivo chamado soprador (turbina) que gira a 900hz, faz circular CO<sub>2</sub> dentro de uma câmara, onde existem dois eletrodos ligados a uma fonte de alta-tensão.

A incidência de um feixe de laser sobre um ponto de uma peça é capaz de fundir e vaporizar o material em volta desse ponto. Desse modo, é possível furar e cortar praticamente qualquer material, independentemente de sua resistência mecânica. O tipo mais comum de laser usado na indústria é o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como veículo ativo. Outros gases, como o nitrogênio (N<sub>2</sub>) e o hélio (H), são misturados ao dióxido de carbono para aumentar a potência do laser.

De acordo com Secco *et al* (2006), o mesmo ressalta que o equipamento mais comum consiste em mesas móveis, com capacidade de movimentação segundo os eixos x, y e z. Os eixos x e y determinam as coordenadas de corte, enquanto o eixo z serve para corrigir a altura do ponto focal em relação à superfície da peça, pois, durante o corte, esta distância é afetada por deformações provocadas na chapa, pelo calor decorrente do próprio processo. As coordenadas de deslocamento geralmente são comandadas por um sistema CAD (*C Computer A Aided D Design* ou, em português, projeto assistido por computador), acoplado à mesa de corte. Nas máquinas de corte a laser, como a que é mostrada na figura 1, o material a ser cortado normalmente encontra-se em forma de chapas, embora existam máquinas que se destinem ao corte de tubos.

A chapa de aço é colocada sobre uma mesa serrilhada, apoiando-se em vários pontos. Sobre ela, o cabeçote laser movimenta-se em duas direções: longitudinal e transversal. Esses movimentos são transmitidos por motores elétricos, controlados por computador. Pelo cabeçote laser flui um gás, chamado gás de assistência, que tem por função, entre outras, remover o material fundido e óxidos da região de corte. O gás normalmente usado para esta finalidade é o oxigênio, porque ele favorece uma reação exotérmica, isto é, libera calor, aumentando ainda mais a temperatura do processo e, por consequência, a velocidade de corte. Entretanto, o nitrogênio pode ser preferido como gás de assistência quando forem necessárias superfícies livres de óxidos, como no corte de aços inoxidáveis.

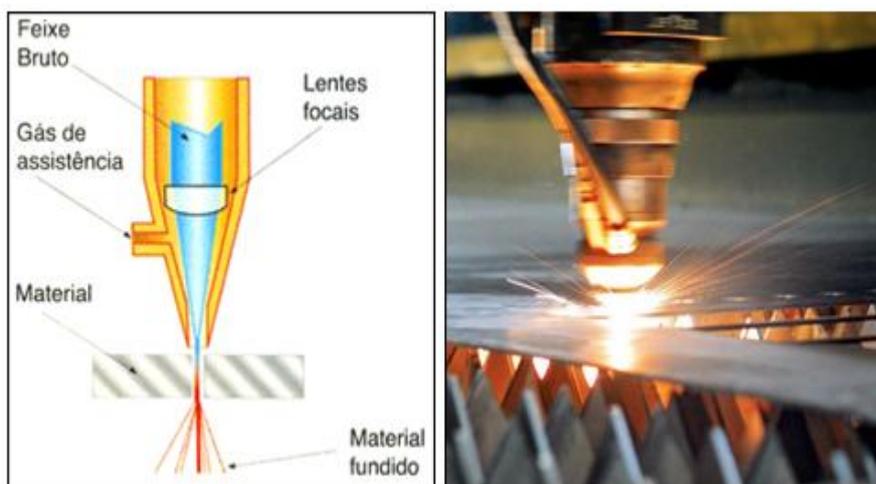


Figura 5 - Mesa de corte e cabeçote no processo de corte a laser  
Fonte: Manual de programação TRUTOPS LASER 3030 (2011).

A figura 5 demonstra como funciona o feixe de raio laser no momento do corte do metal onde as lentes focais centralizam a luz em alta vibração que gera calor e corta facilmente a estrutura de aço. O gás de assistência dará suporte ao corte, refrigerando a superfície da chapa evitando ondulações na mesma e que as peças voltem a se soldar imediatamente após o corte.

### 3. Aspectos Metodológicos

O presente artigo desenha-se a partir de um estudo realizado numa empresa do ramo metal mecânico, localizada na região central do Rio Grande do Sul, mas atuante nacionalmente. Primeiramente, como forma de complementaridade para com a bibliografia citada, utilizou-se de dados do Relatório de Sustentabilidade, publicado pelo Instituto Aço Brasil (IAB) e da Conferência Nacional da Indústria (CNI), através do livro *A Indústria do Aço no Brasil*, com o propósito de situar a pesquisa quanto ao mercado em que a empresa em foco está inserida.

Assim, concomitante ao estudo de mercado que a do ramo empresa metal mecânico atua, tornou-se necessário a verificação de suas práticas, no que tange a sustentabilidade e produtividade, interligando estes dois aspectos aos resultados levantados dentro da organização, fazendo um aporte a uma possível (re)adequação de sua produtividade quanto ao desperdício de insumos utilizados no processo produtivo, bem como o descarte destas sobras no meio ambiente. Para isso, uma análise descritiva e observatória do ambiente industrial, serviram de base para que, a partir de informações produzidas pelos pesquisadores, fosse criado um modelo de gestão de materiais descartados pela produção, conforme será apresentado nos resultados.

Ademais, este artigo foi constituído, tendo por base, também, o modelo de pesquisa-ação, uma abordagem metodológica de pesquisa bastante utilizada, que consiste em uma pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de caráter cooperativo ou participativo (CAUCHICK, 2012).

## 4 Resultados e Discussões

### 4.1 O mercado industrial no Rio Grande do Sul

A indústria metal mecânica é o setor industrial responsável pela conformação de metais, utilizando vastamente o aço em todas as suas variações de ligas e formas. Deste modo, o emprego consciente

deste recurso é fator chave na continuidade do desenvolvimento econômico destas indústrias, surgindo a preocupação com a utilização racional deste recurso de produção.

Atualmente as empresas estão percebendo a importância de atuarem de forma menos agressiva ao meio ambiente, podendo gerar mais lucros e se tornarem mais competitivas ao incluírem em suas estratégias empresariais as preocupações ambientais, adotando inovações, novas estratégias tecnológicas, implantando ferramentas e racionalizando o consumo dos recursos naturais (SEVERO et al, 2009).

A empresa estudada utiliza-se do aço na produção de peças e projetos especiais por encomenda. Estas peças são produzidas em chapas de aço, aço inox ou alumínio e algumas vezes materiais especiais como alpaca e cobre. A organização tem entre seus principais clientes, indústrias montadoras de máquinas agrícolas e outros tipos de equipamentos, localizadas em todo território nacional.

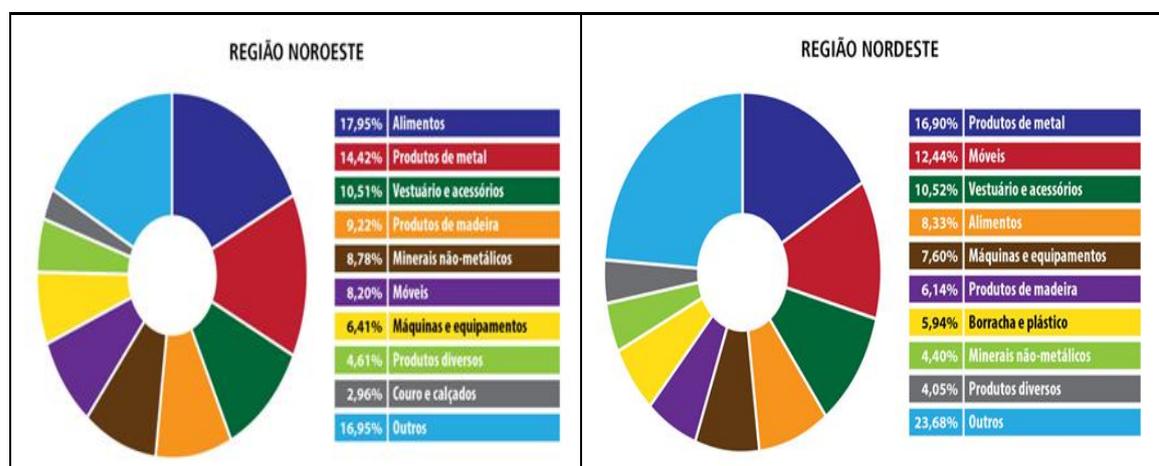
O processo de fabricação destas peças inicia-se a partir da encomenda feita pelo cliente o qual encaminhará o seu projeto que é composto dos desenhos confeccionados em softwares CAD/CAM, nomeando o tipo de material que será empregado e quantidade.

Após esta etapa faz-se a programação do corte, onde são encaixados o maior número possível de peças dentro de uma área de chapa (mesa de corte suporta chapas de 3m de comprimento por 1,2 metro de largura e espessura de até 20 mm). Assim, conclui-se que quanto mais peças for possível encaixar dentro de uma mesma chapa, mais produtiva é considerada a programação do corte.

Em relação a sustentabilidade ambiental, ou seja, a continuidade da disponibilidade do aço na natureza e conseqüentemente da sustentabilidade econômica da empresa que se utiliza dessa matéria-prima, tem-se na empresa em estudo, uma constante preocupação, pois é sabido por seus gestores, que as empresas que não são voltadas para sustentabilidade tendem a dissiparem-se no mercado, uma vez que não alcançam o objetivo de gerar preços competitivos, fato que torna o empreendimento inviável, uma vez que o consumo indiscriminado do aço contribui para o esgotamento de suas reservas na natureza, o que também refletirá em descontinuidade do negócio em longo prazo.

Logo, na empresa estudada, a sustentabilidade será garantida pelo nível de produtividade que ela é capaz de alcançar. Quanto mais produtiva é a empresa, maior será a produção que ela é capaz de liberar utilizando a menor quantidade possível de insumos. As melhorias nos índices de produtividade tornarão a mesma mais competitiva no seu contexto econômico e preservação do ambiente.

Demonstrando o mercado em que a empresa pesquisada está inserida, a nível regional, ou seja, Rio Grande do Sul, apresenta-se dados da FIERGS (2013), onde, do total de 36.227 indústrias gaúchas, 5.027 são indústrias do ramo de produtos de metal, o que demonstra 13,86% do total da indústria de transformação gaúcha se utiliza do aço como matéria prima de sua operação. Na figura 6 é possível conceber os dados sobre a divisão da indústria gaúcha por mercado de atuação e regiões.



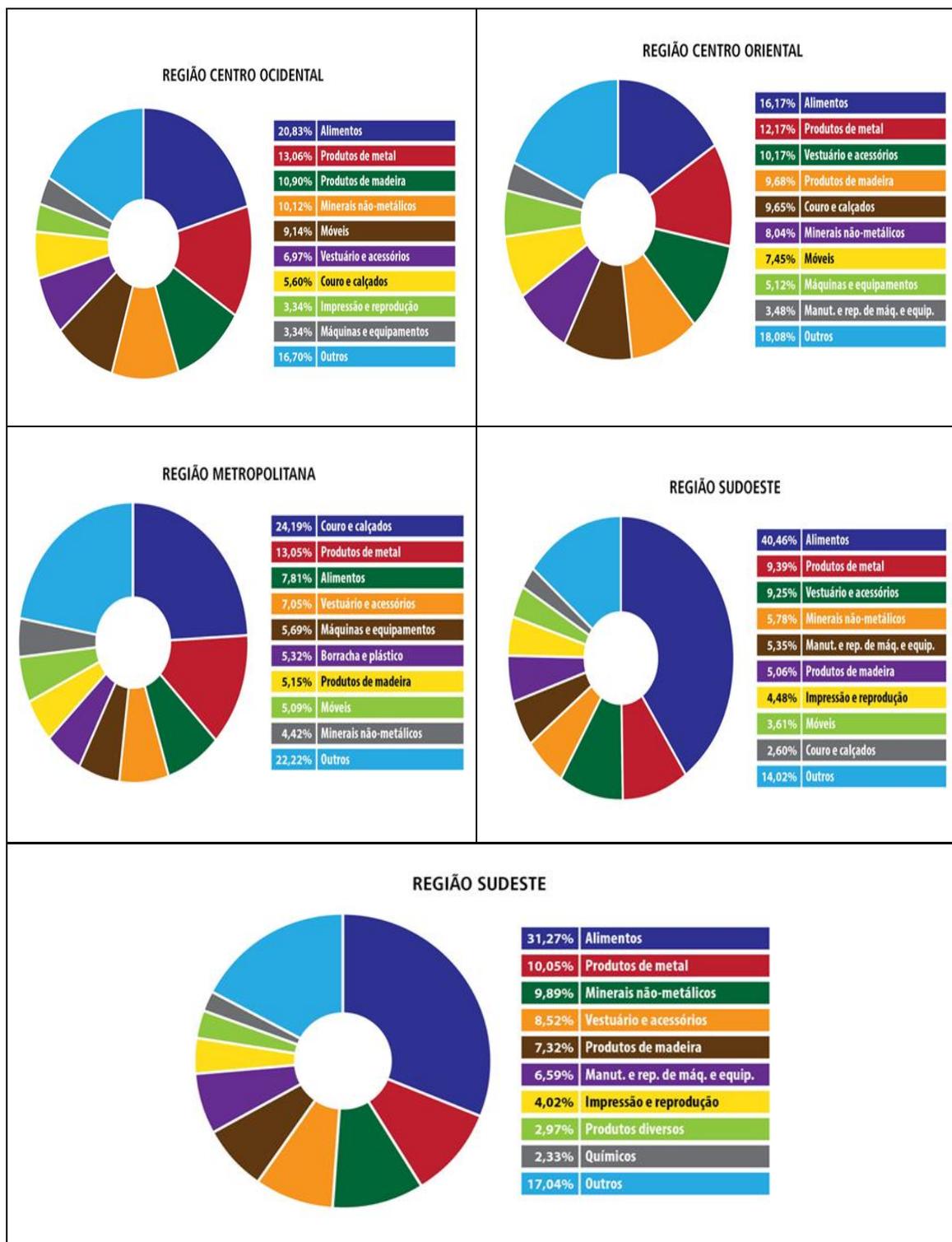


Figura 6 – Divisão dos mercados industriais gaúchos em 2013  
 Fonte: Cadastro de Indústrias, Fornecedores e Serviços FIERGS (2013)

É de fácil visualização a infinidade de mercados os quais são utilizadas ligas metálicas de aço. Isso pressupõe um consumo elevado de aço da natureza e os outros componentes do aço carbono e inox. Do total das sete regiões apresentadas, os Produtos de Metal aparece seis vezes em segundo lugar no ranking das indústrias gaúchas e uma vez em primeiro, o que demonstra os altos níveis de consumo de aço na região e sua importância para economia Rio-grandense.

## 4.2 Resultados

Referente à empresa pesquisada, levantou-se o consumo do aço utilizado ao longo de um ano. Observa-se na tabela 1 a quantificação destas informações.

Tabela 1 – Consumo de chapas de aço período de janeiro a dezembro de 2013

PERÍODO (2013)	MATERIAL	QDE CONSUMIDA (EM KG)	VALOR DO MATERIAL CONSUMIDO (EM REAIS)	
JANEIRO	AÇO CARBONO/INOX	8.098	R\$	17.567,16
FEVEREIRO	AÇO CARBONO/INOX	4.500	R\$	11.636,80
MARÇO	AÇO CARBONO/INOX	2.990	R\$	7.937,79
ABRIL	AÇO CARBONO/INOX	7.490	R\$	19.574,59
MAIO	AÇO CARBONO/INOX	14.650	R\$	48.624,75
JUNHO	AÇO CARBONO/INOX	24.700	R\$	71.527,84
JULHO	AÇO CARBONO/INOX	67.159	R\$	137.528,87
AGOSTO	AÇO CARBONO/INOX	80.875	R\$	198.160,35
SETEMBRO	AÇO CARBONO/INOX	28.586	R\$	80.575,60
OUTUBRO	AÇO CARBONO/INOX	57.218	R\$	162.954,44
NOVEMBRO	AÇO CARBONO/INOX	18.162	R\$	59.581,17
DEZEMBRO	AÇO CARBONO/INOX	27.011	R\$	74.483,07

Na Tabela 1, apresenta-se a quantidade de matéria prima empregada no processo produtivo da empresa pesquisada, durante o ano de 2013, onde tais dados foram levantados por meio das notas fiscais de compra, contabilização das ordens de produção geradas ao longo do ano e seus respectivos movimentos de baixas do estoque de matérias-primas. Através destes dados foi possível descobrir as quantidades consumidas de aço no período de janeiro de 2013 a dezembro de 2013, além dos valores dos materiais processados.

Nota-se que neste ano, foram consumidos pela empresa em foco aproximadamente 300 toneladas de aço gerando um gasto para empresa de mais de R\$ 880.000,00. Considerando a empresa pesquisada como um exemplo, porém não uma amostra (pois uma empresa não configura uma amostra representativa da população para dar precisão ao valor), pode-se estimar um consumo aproximado do aço no Estado, uma vez que, utilizando os dados do consumo anual deste material e a quantidade de indústrias do ramo de produtos de metal situadas em solo gaúcho, têm-se em média 291.406,45 kg de aço consumidos, que multiplicados por 5.027 empresas, reflete um consumo anual de mais de um bilhão de quilos de aço carbono por ano somente no estado do Rio Grande do Sul, fator preocupante do ponto de vista ambiental.

Sobre a sucata gerada pelo processamento do aço utilizado pela empresa estudada, especificadamente as chapas de aço, apresenta-se os dados relacionados na tabela 2.

Tabela 2 – Sucata gerada do processamento de chapas de aço período 2013.

PERÍODO (2013)	QDE CONSUMIDA (KG)	CUSTO MÉDIO DO AÇO	DO KG DE AÇO	SUCATA GERADA (KG)	DESPERDÍCIO (%)
JANEIRO	8.098	R\$	2,17	3.745	46%
FEVEREIRO	4.500	R\$	2,46	1.439	32%
MARÇO	2.990	R\$	2,59	1.321	44%
ABRIL	7.490	R\$	2,65	1.620	22%
MAIO	14.650	R\$	3,32	4.544	31%
JUNHO	24.700	R\$	2,90	9.421	38%
JULHO	67.159	R\$	2,92	9.389	20%
AGOSTO	80.875	R\$	2,91	10.332	20%
SETEMBRO	28.586	R\$	2,82	6.803	24%
OUTUBRO	57.218	R\$	2,85	10.497	18%
NOVEMBRO	18.162	R\$	3,28	7.504	41%
DEZEMBRO	27.011	R\$	2,76	8.502	31%

Interpretando os dados da tabela 2, pode-se vislumbrar que a quantidade de aço desperdiçado no ano de 2013 encontra-se na média de 31% de toda a matéria-prima utilizada.

Do ponto de vista econômico da organização, do total do valor médio consumido no ano de 2013, aproximadamente R\$ 252.000,00 foram perdidos em retalhos de materiais não utilizados. Do ponto de vista ambiental, se estas sobras fossem recicladas, muito se pouparia dos recursos naturais, uma vez que estes dados são apenas de uma empresa metalúrgica, o que remete-se a real necessidade de restringir os desperdícios.

Na figura 6 observa-se graficamente a quantidade consumida de material consumida em relação à sucata gerada no processo produtivo.

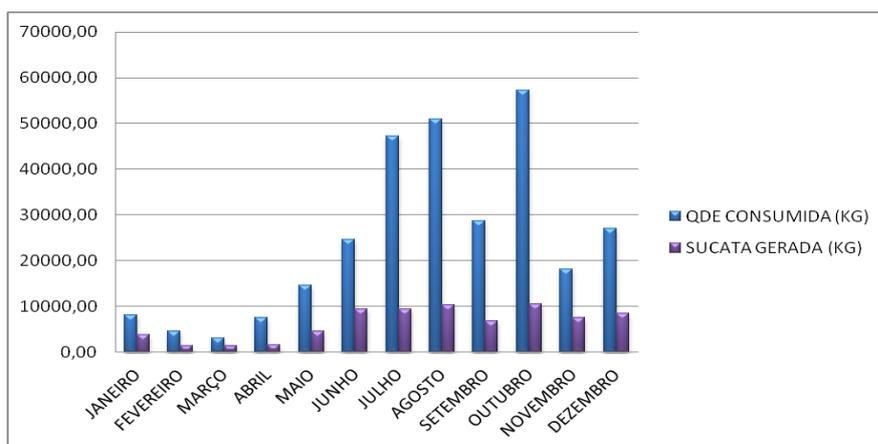


Figura 6 – Comparativo do consumo mensal de matéria-prima e sucata gerada  
Fonte: Dados da Pesquisa

Dessa forma, verifica-se que a evolução da sucata é diretamente proporcional à evolução do consumo mensal do chapas de aço. Contudo, conclui-se que o desperdício de materiais é uma variável inerente do processo de produção, ou seja, quanto maior a produção, maior é o desperdício de material. Assim, ocorre a necessidade de revisar o processo produtivo em larga escala, com o propósito de diminuir as perdas.

Unindo os valores das notas fiscais de compras ao levantamento do consumo dos materiais e da sucata gerada pelo processamento dos materiais obtém-se o custo monetário do desperdício, que está representado na tabela 3.

Tabela 3 – Custo gerado do pelo desperdício de materiais

PERÍODO (2013)	CUSTO DO DESPERDÍCIO
JANEIRO	R\$ 8.124,11
FEVEREIRO	R\$ 3.539,94
MARÇO	R\$ 3.416,05
ABRIL	R\$ 4.300,74
MAIO	R\$ 15.081,97
JUNHO	R\$ 27.318,99
JULHO	R\$ 27.380,96
AGOSTO	R\$ 30.089,12
SETEMBRO	R\$ 19.175,51
OUTUBRO	R\$ 29.895,01
NOVEMBRO	R\$ 24.616,63
DEZEMBRO	R\$ 23.444,34

Comparando ao faturamento (não divulgado pela empresa) registrado contabilmente pela organização, os custos, em valores monetários gerados pela sucata representaram por volta de 8% do valor total vendido pela empresa. Para a redução deste percentual, foram propostos pelos pesquisadores, métodos de melhoria na gestão dos materiais e fórmulas para a mensuração do desempenho da organização com o intuito de diminuir os índices de material refugado e melhorar a lucratividade e sustentabilidade da empresa, tendo em vista a redução do impacto ambiental causado pela retirada do aço da natureza.

## 5 Sugestões de Melhorias

### 5.1 Gestão de Processos Produtivos

A produtividade de uma empresa refere-se a quantidade produzida em função dos recursos utilizados. Os recursos utilizados podem ser medidos em pessoas, horas de trabalho, máquinas ou dinheiro. É habitual medir a produtividade aparente do trabalho que consiste no valor de produção por operário ou por hora de trabalho. Entre os problemas a serem analisados, a alocação dos recursos nas diversas atividades do processo é ponto imprescindível de discussão. Na grande maioria dos casos estes recursos não são suficientes e existe a necessidade da melhor distribuição dos recursos disponíveis, de modo a atingir o melhor resultado para o objetivo proposto (ANDRADE, 2011).

Assim, conforme análise feita no ambiente produtivo da empresa e em seus sistemas de projeção da produtividade apresenta-se uma nova forma de melhor (re) aproveitamento das chapas de aço, com o propósito de reduzir a geração de grandes quantidades de sucatas. Na figura 7, propõe-se (superficialmente) uma nova forma de disponibilização do espaço das chapas de aço para o corte com raio laser, onde se têm um melhor aproveitamento do espaço disponibilizado nas chapas.

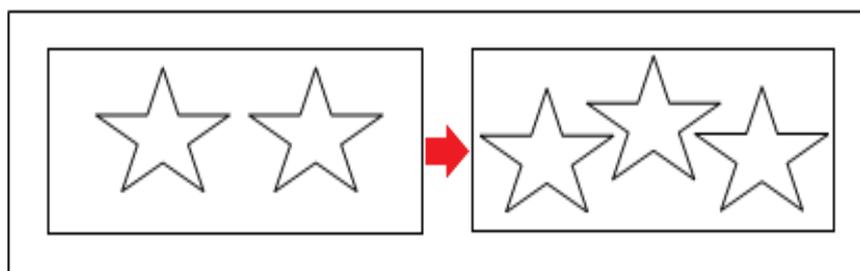


Figura 7 – Novo conceito visual do aproveitamento da chapa de aço no corte *laser*  
 Fonte: Dados da Pesquisa

Em se tratando de produtividade, no caso do processo de corte a laser, a mesma é representada pelo aproveitamento do material, onde se confronta a quantidade de material utilizada com a quantidade de produtos fabricados, conforme proposto na Figura 7. Assim, para que essa mudança seja possível, é necessário que a empresa re-programe sua produção, ajustando os *softwares* de corte a laser ao novo formato desejado.

Em se tratando da disposição das peças em uma chapa de aço no processo de corte a laser, a empresa utiliza-se da programação de um software para fazer o corte das mesmas, conforme pode ser percebido na Figura 8, onde está representado dá uma real programação de corte, que é feito é feita em software especializado e é chamada de NEST.

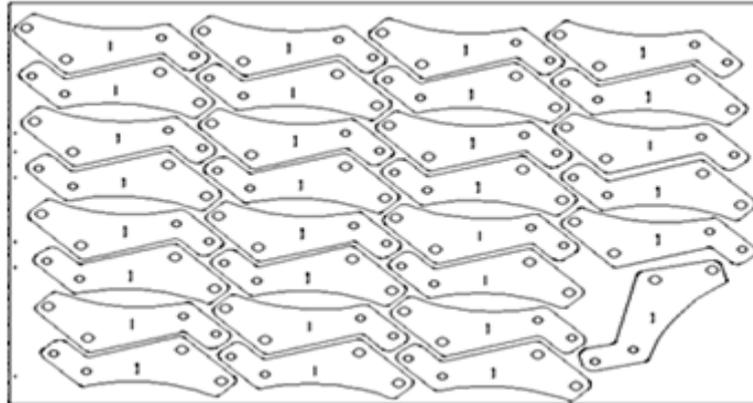


Figura 8 - NEST: Distribuição de peças na chapa gerada por software  
Fonte: Dados da Pesquisa

Assim, complementando, a Figura 8 demonstra o NEST feito em uma chapa de aço carbono que possui uma área de 9.393,14 mm<sup>2</sup>, o qual foram encaixadas 30 peças de mesma geometria. Conforme verificado, umas das características dessa programação é que não permite encaixar mais peças da mesma geometria dentro desta chapa, mesmo que ainda existam espaços em branco, os quais, se a disposição das peças já encaixadas mudarem ou forem encaixadas peças de diferentes dimensões, talvez fosse possível aperfeiçoar o número de peças cortadas, conforme Figura 9, onde, ajustando a última peça, poderiam ser encaixadas mais três peças.

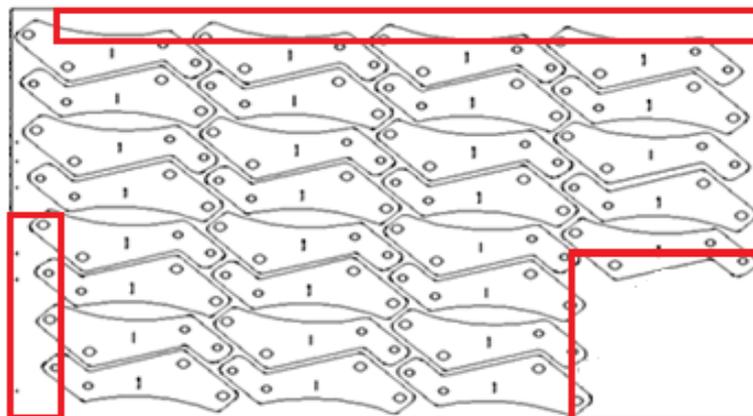


Figura 9 – Possível área perdida com a atual programação  
Fonte: Dados da pesquisa

Os *softwares* de corte possuem algoritmos de cálculo que testarão várias formas de disposição das peças a serem cortadas, buscando a forma a qual que se conseguirá um número máximo de peças. Partindo deste pressuposto a produtividade no corte de chapas a laser dar-se-á pela fórmula:  $\text{Produtividade} = \frac{\text{Área da Chapa}}{\text{Número de peças cortadas}}$ , ou seja, quanto maior o número de peças resultantes de uma chapa de aço, mais produtiva é a programação de corte, nesse sentido, como o software utilizado pela empresa não permite tais configurações, recomenda-se a utilização de um novo programa que reduza o desperdício e aumente a produtividade, re-utilizando todo o espaço disponível na chapa de aço.

## 5.2 Gestão de Sucata: Sistema de Registro de Retalhos

Para melhoria do aproveitamento do material, além de uma programação de corte eficiente também foi sugerida à empresa pesquisada um sistema de gestão de retalhos, podendo ser descrito da seguinte forma: a cada processo de corte, se houver geração de retalho com área maior do que 0,25 m<sup>2</sup>, o mesmo deve ser armazenado para reaproveitamento. O parâmetro de tamanho mínimo de retalho foi estipulado com base no tempo de preparação da máquina para corte. Retalhos menores que 0,25 m<sup>2</sup> de área não gerarão peças em número suficiente para cobrir o custo do tempo de preparação da máquina (setup) e gerar lucratividade para empresa, ou seja, a empresa ganha na utilização completa da chapa, porém perde em tempo de produção para a realização de corte um número pequeno de peças, onde poderiam estar sendo processados lotes de grande valia para a organização.

Para os retalhos de tamanhos menores que o estipulado, foi sugere-se que os mesmos sejam armazenados em um contêiner, sendo que uma vez por mês a administração solicita o seu recolhimento à uma empresa recicladora, onde estes retalhos serão vendidos, uma vez que não é válido vender diretamente toda a sucata para a empresa recicladora, pois como mostra a tabela 3, o aço é adquirido pela empresa a um valor médio de R\$ 2,80 por quilo e a recicladora pagará no máximo R\$ 0,40 o quilo desta matéria-prima, fazendo-se necessário o reaproveitamento para evitar perdas financeiras.

Após o corte, o retalho gerado será medido pelo auxiliar de produção. Caso ele for maior que 0,25 m<sup>2</sup>, ele será catalogado em uma planilha onde constarão os dados sobre tipo de aço, espessura e dimensões do retalho. Essa planilha gera um número sequencial do retalho o qual será impresso em uma etiqueta e fixado ao mesmo, fazendo o registro das sobras. Assim, quando houver alguma peça a ser cortada que seja compatível com algum dos retalhos catalogados pelo sistema, será possível utilizá-los ao invés de uma chapa inteira para fazer o corte, evitando o desperdício do mesmo. Posteriormente o corte do retalho, executa-se novamente o processo de separação, medição e mensuração dos retalhos para que o mesmo possa ser reutilizado. Este processo é retroalimentado toda a vez que sobrar um retalho utilizável para corte gerando melhoria continua no que tange gestão de sucata, conforme apresentado na figura 10.



Figura 10 – Fluxo retroalimentado do aproveitamento de sucata de chapas de aço

Fonte: Dados da Pesquisa

Esta ação gerará redução de custos de matéria prima para a empresa e a tornar-se-á mais sustentável do ponto de vista ambiental e econômico, uma vez que, o processo de corte do aço com a tecnologia laser, a produtividade gera a sustentabilidade econômico-ambiental da empresa e é representada pelo aproveitamento do material, onde se confronta a quantidade de material utilizada com a quantidade de produtos fabricados. À medida que é possível colocar mais peças dentro de uma chapa e reduzir as perdas de material, pode-se dizer que se obtêm uma melhoria no aproveitamento, concluindo aumento na produtividade.

### 5.3 Gestão de Estoques: Sistema de Peças de Preenchimento

Foi ainda sugerido a criação de um sistema de peças de preenchimento, que consiste na criação de um estoque de terceiros utilizando áreas não preenchidas de chapa, evitando a produção do retalho. Para isso foi recomendado que se fizesse um levantamento das peças que os clientes encomendassem lotes repetidos (mesmo projeto) para a empresa. Estas peças que são compradas repetidamente pelo cliente serão utilizadas para preencher uma chapa quando a mesma ainda contiver espaços livres após a programação de corte, ou seja, é feito um aproveitamento pleno da chapa antes do corte. Essa função é amplamente utilizada por empresas que necessitam de peças para estoque, pois ao invés de gerar um retalho, utiliza-se o material na sua totalidade.

Além da vantagem da eliminação do retalho, quando o cliente encomendar o próximo lote de peças, a empresa já terá algumas unidades à pronta entrega previamente cortadas pela função de peças de preenchimento, gerando a satisfação do mesmo. Essa melhoria no processo gerará para a organização uma diminuição de retalhos, menos troca de chapas na mesa de corte o que significa uma melhoria de produtividade tanto em termos de aproveitamento de material como em tempos de operação (redução dos leads-times de corte), tornado a operação mais lucrativa e sustentável.

### 5.4 Gestão de Desempenho Organizacional: Indicadores de Desempenho

A adoção de uma gestão mais focada em indicadores pode ser utilizada com o objetivo de mensurar o desempenho econômico e ambiental da empresa. Os indicadores possibilitarão o controle da performance da organização no que diz respeito ao aproveitamento de materiais, desperdício e lucratividade, corroborando com a preservação dos recursos naturais.

Para isso, propôs-se a criação de metas relativas a estes indicadores, bem como o controle mensal dos mesmos. Estes índices serão expostos em chão de fábrica conforme quadro modelo da Figura 11.

INDICADOR	DESCRIÇÃO	MÉTRICA	META (1º trim) 2014	CONTROLE													
				JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
PRODUTIVIDADE	Mede o percentual de aproveitamento da chapa	área de chapa utilizada/nº de peças produzidas	20%														
DESPERDÍCIO	Mede o desperdício de material mensurado em valores monetários	Quantidade de sucata gerada (kg) x custo médio do aço (kg)	20%														
LUCRATIVIDADE	Mede o quanto a empresa lucrou na operação	Faturamento/gastos gerais de fabricação	15%														

Figura 11 - Gestão à vista dos indicadores de desempenho econômico e ambiental

Fonte: Dados da pesquisa

Este quadro gera um processo de gestão, de fácil visualização que facilita o envolvimento dos colaboradores para consecução das metas sugeridas. Para uma maior eficácia, estas metas deverão ser revisadas a cada três meses, sendo ajustadas de acordo com a necessidade da empresa. O cálculo dos indicadores se dá pela coluna denominada métrica, a qual descreve a fórmula para a obtenção dos valores mensais que controlarão o desempenho da organização. Caso a meta não seja atingida, deve-se fazer uma reunião com o comitê de gestão de chão de fábrica e gerar ações para o atendimento das mesmas.

## 6 Conclusões

O presente estudo realizado utilizou-se de dados históricos referentes ao consumo de chapas de aço em uma indústria metalúrgica da região central do Estado do Rio Grande do Sul. Foi avaliada a geração de sucata proveniente do processo de corte laser dentro do período de janeiro de 2013 a dezembro de 2013, com objetivo verificar o percentual de desperdício de matéria prima desta empresa, bem como a busca de alternativas de (re)aproveitamento de sobras, reduzindo os custos e contribuindo para uma sustentabilidade ambiental. Constatou-se que do total consumido em chapas de aço ao longo do ano de 2013, em média 31% foi transformado em sucata.

Com o desperdício apurado, mensurou-se o valor perdido pela organização e gerou-se ações no sentido de aproveitar os retalhos resultantes da fabricação de itens em busca do maior rendimento da matéria-prima empregada, contribuindo de forma (in)direta para um menor desgaste do meio ambiente.

A partir do estudo do processo de produção de corte de chapas a *laser*, foi possível sugerir a empresa que se fizesse uma gestão de retalhos, onde todo o retalho gerado contendo mais de 0,25 m<sup>2</sup> deve ser catalogado, com número sequencial e descrição, para ser armazenado e utilizado em um próximo processo de corte. Os retalhos com tamanhos menores ao estipulado serão vendidos para a empresa especializada em reciclagem de metais, ao invés de jogado no meio ambiente. Com isso, percebeu-se que fazer o reaproveitamento das chapas de aço, ao invés de vender todos os retalhos diretamente para as recicladoras, gera uma maior rentabilidade para a empresa, pois estas empresas recicladoras pagam apenas uma média de 14% do valor pago no quilo da chapa não conformada.

Conclui-se também, que alternativas como o desenvolvimento de um sistema para preenchimentos de peças, onde o mesmo gere uma listagem de peças que são encomendadas repetidamente pelos clientes e preenchem-se as chapas que possuem espaços vazios com as mesmas, evita a criação de retalhos e gera um pequeno estoque de terceiros dentro da empresa. Isto possibilitará o atendimento mais veloz para o cliente e diminuição dos tempos de produção para a empresa, além de menor encomendo aos fornecedores, gerando assim, que menor quantidade de aço seja explorada da natureza.

A partir da realidade e dados da empresa pesquisada, a criação de indicadores de desempenho organizacional permitirá a organização controlar e analisar a utilização dos insumos de produção, dos quais sugeriu-se a criação de indicadores de produtividade, desperdício e lucratividade que serão controlados mensalmente através de um quadro de gestão à vista, proposto na Figura 11.

Por fim, tem-se que, a diminuição da taxa de desperdício do material empregado pela empresa torna a mesma mais competitiva com relação ao mercado regional de corte *laser*, além de adequar-se a tendência de mercado mundial, quanto à sustentabilidade. No que tange as limitações da pesquisa, obteve-se total apoio dos gestores da organização quanto às informações repassadas, pois através deste estudo, melhorias puderam ser implementadas na empresa estudada, além de a pesquisa deixar margem para outros estudos e implementação do que foi pesquisado.

## Referências Bibliográficas

ANDRADE, E. L. **Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para Análise de Decisões**. 4 ed. Rio de Janeiro - RJ: LTC, 2011.

BARTZ, A. B.; SILVA, D. I.; FIGUEREDO, T. W.; SPOHR, C. B. Processo de corte em máquinas laser. IN: SIEF – Semana Internacional de Engenharias da Fabor. Horizontina - RS, 2011.

BERTÉ, R. **Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa nas organizações**. Curitiba- PR: Ibpex, 2007.

BRASIL. Cartilha de sustentabilidade. Boas práticas sustentáveis. Brasília, 2012. Disponível em: [http://www.comprasgovernamentais.gov.br/arquivos/sustentabilidade/cartilha\\_finalizada.pdf](http://www.comprasgovernamentais.gov.br/arquivos/sustentabilidade/cartilha_finalizada.pdf). Acesso em 15 set. 2014.

CAUCHICK, P.A. (org). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro - RJ: Elsevier: Abepro, 2012.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. A indústria do Aço no Brasil – Livro CNI. Brasília, 2012. Disponível em: [http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/sustentabilidade/downloads/livro\\_cni.pdf](http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/sustentabilidade/downloads/livro_cni.pdf). Acesso em: 12 de ago. 2014.

DALF, R. **Administração, A ética da sustentabilidade e o meio ambiente**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

FIERGS, Cadastro das Indústrias, Fornecedores e Serviços. In: Editora EBGE Brasil de Guias Especiais Ltda, 2013. CD-ROOM.

GASPAR, M.P. A melhoria contínua em processos produtivos, com a utilização da tecnologia CNC, na indústria metal-mecânica – estudo de caso da máquina CNC de corte laser de tubos metálicos, na indústria Metalúrgia Golin. 2009. Monografia (Especialização) – Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, São Paulo, 2009.

GOLLMANN, P.F. Aplicação do processo de corte a laser com ênfase no fornecimento de peças livres de óxidos. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Faculdade Horizontina, Horizontina - RS, 2010.

IAB. Instituto Aço Brasil. Relatório de Sustentabilidade. Brasília, 2014. Disponível em: [http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/sustentabilidade/downloads/Relatorio%20de%20Sustentabilidade\\_2014\\_web.pdf](http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/sustentabilidade/downloads/Relatorio%20de%20Sustentabilidade_2014_web.pdf). Acesso em: 25 jun. 2014.

INBS. Instituto Brasileiro de Sustentabilidade. Um Tripé de responsabilidade social. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.inbs.com.br/um-tripe-de-responsabilidade-social/>. Acesso em: 12 ago. 2014.

MMA- Ministério do Meio Ambiente – Produção e consumo sustentáveis. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel>. Acesso em: 15 set. 2014.

PHILIPPI, L. S. A Construção do Desenvolvimento Sustentável. In: Curso básico à distância- Questões Ambientais – Conceitos, História, Problemas e Alternativa. 2. ed, v. 5. Brasília - DF: Ministério do Meio Ambiente, 2001.

QUALINOX. Arruelas. Aço Inoxidável. São Paulo, 2014. Disponível em <<http://www.qualinox.com.br/aco-inoxidaveis.html>>. Acesso em: 27 jun. 2014.

SECCO, A. R.; FILHO, D. A.; OLIVEIRA, N. C. Processos de fabricação. São Paulo, 2006. Curso Profissionalizante. Telecurso 2000, FIESP/Fundação Roberto Marinho. vol. 4. <Disponível em <<http://www.bibvirt.futuro.usp.br/index.php>>. Acesso: em 16 mai 2014.

SEVERO, E. A.; OLEA, P. M.; MILAN, G. E.; DORION, E. Produção mais limpa: o caso do arranjo produtivo local metal-mecânico automotivo da Serra Gaúcha. In: 2st International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo - SP: UNIP, 2009.