

Modelo para Avaliação Ambiental em Sistemas Produtivos Industriais – MAASPI – aplicação em uma fábrica de esquadrias metálicas

Model for Environmental Assessment in Industrial Production Systems: a case study in a company that manufactures metallic structures



Paulo Ricardo Santos da Silva¹
Fernando Gonçalves Amaral¹

Resumo: A melhoria nos sistemas produtivos é o resultado da aplicação de métodos e de técnicas de análise desenvolvidos com objetivos específicos. Porém, durante muito tempo, o foco dessas ferramentas era a qualidade e a produtividade, ficando a questão ambiental fora desse contexto. À medida que a temática ambiental passou a ter importância para a sociedade, surgiram alguns modelos para a avaliação de impactos ambientais. Entretanto, de um modo geral, a estrutura desses modelos mostra-se complexa e imprópria para a aplicação em micro e pequenas empresas. Nesse sentido, o presente trabalho visa apresentar o Modelo de Avaliação Ambiental em Sistemas Produtivos Industriais – MAASPI, cujo objetivo é permitir a realização de uma análise ambiental simplificada e focada em micro e pequenas empresas, capaz de ser implementado em um curto espaço de tempo, com custos reduzidos e sem a perda do rigor científico. Tal ferramenta foi utilizada para identificar os impactos ambientais causados por uma empresa do setor metal-mecânico, fabricante de esquadrias metálicas. Como resultado, verificou-se que as emissões atmosféricas geradas nas operações de esmerilhamento e pintura constituem-se nos principais problemas ambientais associados a esse processo produtivo.

Palavras-chave: Sistemas produtivos industriais. Avaliação ambiental. Modelo.

Abstract: *Production systems improvements result from the application of specific methods and techniques. However, for a long time, these tools focused only on quality and productivity goals. Due to the growing importance of environmental issues for society, some models for assessing environmental impacts have been developed. Nevertheless, their structure is very complex and inadequate for micro and small enterprises. Therefore, the objective of this work is to present the Model for Environmental Assessment in Industrial Production Systems, a tool created to analyze micro and small enterprises from the environmental perspective. The model can be implemented within a short time period, at low cost and scientific integrity. The tool was applied to identify the environmental impacts of a metal-mechanic sector company that manufactures metallic structures. As a result, it can be said that the gas emissions from surface coating operations such as polishing and painting were the major environmental problems associated to the production process.*

Keywords: *Industrial production system. Environmental assessment. Model.*

1 Introdução

A crescente competitividade em todos os setores da economia, em especial no setor industrial, tem motivado o desenvolvimento de técnicas e de metodologias para análise, controle e melhoria de processos. Esse fato é ilustrado pelo desenvolvimento das Ferramentas da Qualidade, que foram um marco dentro da evolução dos sistemas produtivos (GARVIN, 2002). Contudo, durante muitos anos, as questões ambientais não foram incluídas nesse contexto, sendo tratadas superficialmente. Vale (1996) apontou que

os problemas ambientais, de maneira geral, eram tratados pelas empresas seguindo a lei do menor esforço, ou seja, eliminando os efeitos nocivos pela diluição e dispersão dos poluentes gerados.

Somente a partir da década de 90, impulsionados pela competitividade, muitos empreendimentos começaram a mudar seu comportamento frente à questão ambiental. Eles passaram a tratar os aspectos relacionados com o meio ambiente não mais como um problema, mas sim como uma oportunidade

¹ Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Av. Osvaldo Aranha, 99, 5º andar, Porto Alegre – RS, Brasil, E-mails: paulorseq@ig.com.br; amaral@producao.ufrgs.br

de diferenciação. Hoje, as organizações percebem que a redução no consumo de matérias-primas e de energia, com um aumento da eficiência de seus processos, traz melhorias do ponto de vista ambiental e econômico (MEINDERS; MEUFFELS, 2001). Porém, de acordo com Hussey e Eagan (2007), este comportamento tem-se restringido a empresas de grande porte, que dispõem de recursos para realizar análises de desempenho ambiental e identificar tais oportunidades.

Empreendimentos de pequeno e médio porte têm grande importância para o cenário econômico mundial, representando mais de 70% do número total de empresas no mundo. No entanto, sob o aspecto ambiental, elas apresentam significativo impacto, pois em geral: não atendem às legislações ambientais, não possuem equipamentos para controle de poluição e são desprovidas de sistemas de gestão ambiental ou de atitudes ambientais pró-ativas (HUSSEY; EAGAN, 2007). Isso é exemplificado no trabalho desenvolvido por Pal et al. (2008), pela análise do desempenho ambiental de indústrias de fundição de pequeno e médio porte na Índia. Os pesquisadores verificaram que companhias desse setor têm baixa eficiência energética, obsolescência na tecnologia empregada, não atendem a legislações ambientais, bem como apresentam sérios problemas de emissões de materiais particulados, inclusive com efeitos adversos sobre a saúde dos trabalhadores. Com relação ao atendimento à legislação ambiental local, esses pesquisadores observaram que, embora o limite máximo permitido para emissões de materiais particulados para a atmosfera fosse de 150 mg/Nm³, tais empreendimentos lançavam na atmosfera até 2200 mg/Nm³ desses poluentes.

Neste contexto, em seu trabalho, Kürzinger (2004) apontou que pequenas e médias empresas não necessariamente querem degradar o ambiente propositalmente, porém não têm pretensões de realizar grandes investimentos nessa área. Além disso, quando se trata de gestão ambiental, os responsáveis por esses empreendimentos desejam dispor de modelos práticos, com custos reduzidos e que permitam obter resultados rápidos, sem necessitar de gastos elevados com consultorias externas.

Hoje, pode-se evidenciar na literatura muitas metodologias para a avaliação de impactos ambientais, tais como: o Método GAIA (LERÍPIO, 2001), MECAIA (KRAEMER, 2002), MAICAPI (SILVA; AMARAL, 2006, 2009), Produção Mais Limpa, Análise do Ciclo de Vida (SETAC, 1998, 2002), entre outras. No entanto, observa-se que tais ferramentas de análise inserem as questões relacionadas ao meio ambiente dentro de um contexto mais amplo e, por vezes, a avaliação de impactos ambientais propriamente dita fica prejudicada. Em outros casos, por questões de recursos necessários e complexidade

na implementação, seu emprego em empresas menores torna-se inviável.

O Método GAIA, por exemplo, busca avaliar a sustentabilidade ambiental da empresa, sensibilizando seus gestores e mapeando sua cadeia de produção. Pela própria estrutura do método, conclui-se que seu emprego demanda grande esforço para a obtenção de dados, tornando-o impróprio e com custo elevado para empresas de pequeno porte.

Já o Modelo Econômico de Controle e Avaliação de Impactos Ambientais (MECAIA) foi concebido com o objetivo de tratar impactos e custos ambientais inserindo-os na estrutura do modelo *Balance Scorecard* (BSC). Nesse caso, devido a sua perspectiva econômica, a obtenção de dados é ainda mais trabalhosa e, conseqüentemente, o tempo de aplicação desse modelo é mais longo.

Outro aspecto a ser salientado, no que se refere à avaliação ambiental proposta nos Métodos GAIA e no MECAIA, diz respeito à falta de verificação da contribuição dos rejeitos gerados nos processos produtivos para os problemas ambientais globais. Nesse aspecto, a Metodologia para Avaliação de Impactos e Custos Ambientais em Processos Industriais (MAICAPI) destaca-se por contemplar a avaliação de impactos globais, associada à análise de impactos locais e regionais. Embora a MAICAPI não insira a avaliação ambiental em um contexto mais amplo como os modelos citados anteriormente, centrando suas atenções ao chão de fábrica, a análise proposta (que conjuga aspectos ambientais e econômicos) torna sua aplicação demasiadamente longa e, conseqüentemente, com um alto custo associado.

Assim, conclui-se que a aplicação de tais metodologias envolve grande esforço, mobilização de pessoas, complexidade de análises e, em alguns casos, ao inserir a questão ambiental dentro de um contexto mais amplo, ocorre a perda de foco da avaliação de impactos ao meio ambiente propriamente dita.

As observações de Kürzinger (2004) indicam que em empresas menores é preferível realizar pequenas melhorias de forma gradativa ao invés de implantar grandes alterações que, na maioria das vezes, acabam não sendo concluídas.

Isto torna tais modelos ou ferramentas impróprios para uso em empreendimentos de pequeno porte, ou ainda, em situações em que se deseja obter uma análise prévia dos impactos ambientais associados a um processo produtivo, como, por exemplo, em fiscalizações realizadas por órgãos ambientais. Nesse contexto, o objetivo deste artigo é apresentar um modelo simplificado para avaliação ambiental de sistemas produtivos industriais, capaz de ser implementado em um curto período de tempo, com custos reduzidos, sem, no entanto, perder o rigor científico.

2 Modelo de Avaliação Ambiental em Sistemas Produtivos Industriais

O Modelo para Avaliação Ambiental de Sistemas Produtivos Industriais – MAASPI – foi desenvolvido com o objetivo de suprir a necessidade de se ter uma forma estruturada para a realização de uma análise prévia e rápida de processos produtivos industriais sob o aspecto ambiental. Para exemplificar esta situação, pode-se citar o caso de auditorias para avaliação de desempenho ambiental em micro e pequenas empresas, conduzidas por especialistas na área ambiental.

Como base para seu desenvolvimento, foi utilizada a Metodologia MAICAPI (Metodologia para Avaliação de Impactos e Custos Ambientais em Processos Industriais), desenvolvida por Silva e Amaral (2006, 2009). A escolha dessa metodologia deve-se ao fato de estar focada na avaliação em chão de fábrica e por considerar os potenciais impactos globais associados aos rejeitos do processo produtivo. A Metodologia MAICAPI está estruturada em três fases: Pré-Análise,

Análise e Pós-Análise, as quais contemplam 10 etapas. Na fase de Pré-Análise, é definido o objetivo do estudo, bem como são obtidos dados gerais sobre o processo produtivo. Compreende as etapas de Formação de equipe de apoio, de Preenchimento do Questionário de Pré-Análise (QPA) e de Definições. Já na fase de Análise, é realizada a coleta e a análise dos dados sob os aspectos ambiental e econômico, culminando com as interpretações dos resultados em conjunto. Essa fase contempla as etapas de Mapeamento de processo, Obtenção de inventário, Avaliação ambiental, Avaliação econômica e Interpretação de resultados. Por fim, há a fase de Pós-Análise, formada pelas etapas de Geração de cenários e de Plano de ação. Essa fase final tem por objetivo simular o comportamento do processo em situações distintas e, a partir dos cenários escolhidos, estabelecer ações para alcançar as melhorias observadas nas simulações.

A Figura 1 mostra, de forma simplificada, a estrutura da Metodologia MAICAPI e as etapas que foram suprimidas na elaboração do Modelo MAASPI, permitindo uma comparação inicial entre essas duas abordagens de avaliação ambiental.

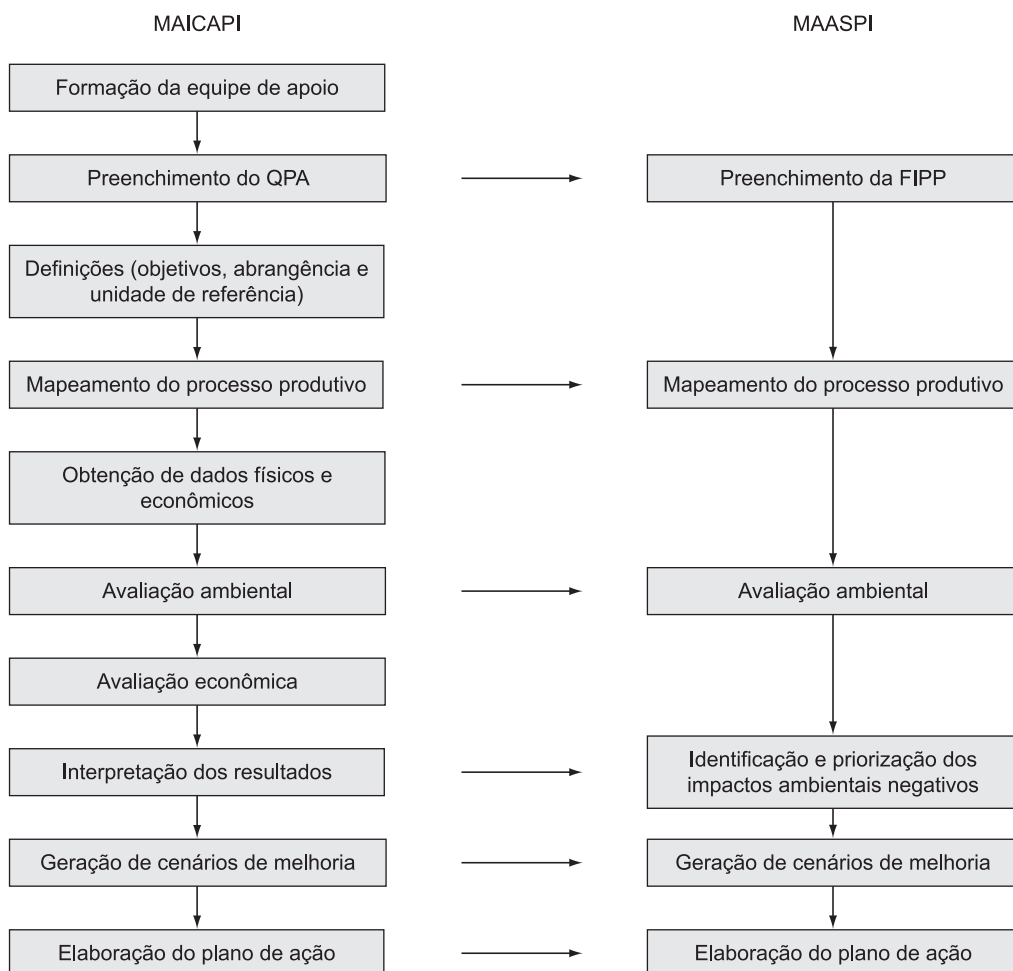


Figura 1. Comparação entre as etapas da metodologia MAICAPI e o modelo MAASPI.

2.1 Comparação entre a metodologia Metodologia para Avaliação de Impactos e Custos Ambientais em Processos Industriais e o modelo Modelo de Avaliação Ambiental em Sistemas Produtivos Industriais

Como pode ser visto na Figura 1, das 10 etapas que compõem a metodologia MAICAPI, apenas 6 foram consideradas na elaboração do modelo MAASPI. Observa-se que a etapa de formação da equipe de apoio não foi contemplada no modelo MAASPI, pois este foi desenvolvido para ser aplicado em micro e pequenas empresas que, na maioria das vezes, têm um número de funcionários restrito e que não satisfazem os requisitos estabelecidos na metodologia MAICAPI. No entanto, é importante destacar que, para a realização do trabalho, é necessário que algum funcionário da empresa participe da análise, de preferência alguém diretamente ligado ao processo, devido a sua visão prática e realística do que ocorre no chão de fábrica. É importante salientar que a pessoa responsável pela condução do trabalho necessita ter conhecimentos prévios sobre a área de gestão e de avaliação ambiental.

Já no que se refere ao Questionário de Pré-Análise (QPA), assim como a etapa de avaliação ambiental, na composição do modelo MAASPI, tais fases sofreram alguns ajustes para se adequar à nova proposta de análise.

Também pode ser identificado que a etapa de definições não foi considerada na constituição do modelo MAASPI. Diferentemente da metodologia MAICAPI, em que o foco da análise pode ser uma linha de produção, as etapas de fabricação de um produto, uma avaliação exclusivamente ambiental, somente econômica, ou ainda, econômico-ambiental, o modelo MAASPI foi desenvolvido para avaliar apenas a questão ambiental, em todo o processo produtivo da empresa, sem considerar os aspectos econômicos. Portanto, o escopo da análise já está definido, dispensando-se assim essa etapa do MAICAPI.

Visando simplificar ainda mais a avaliação, foi excluída a etapa de obtenção de dados físicos e econômicos, que consome maior tempo e envolve maior complexidade em sua elaboração. No entanto, se for possível quantificar os principais fluxos materiais do processo produtivo, isso auxiliará na análise, embora não seja fundamental para a avaliação. Além disso, como o foco da análise é a questão ambiental, na elaboração do modelo MAASPI, não foi considerada a etapa de avaliação econômica.

Por fim, as etapas de interpretação de resultados, geração de cenários de melhoria e elaboração do plano de ação, ainda que mantidas na estrutura do modelo MAASPI, sofreram algumas alterações que passam a ser discutidas no próximo item.

2.2 Estrutura do Modelo de Avaliação Ambiental em Sistemas Produtivos Industriais

O modelo MAASPI está estruturado em 6 etapas: Preenchimento da FIPP, Mapeamento do processo produtivo, Avaliação ambiental, Identificação e priorização dos impactos ambientais negativos, Geração dos cenários de melhoria e Elaboração do plano de ação. A seguir, será feita uma descrição detalhada das atividades envolvidas em cada uma dessas etapas.

2.2.1 Preenchimento da Ficha de Identificação do Processo Produtivo

A aplicação do modelo MAASPI inicia-se com o preenchimento da Ficha de Identificação do Processo Produtivo (FIPP), pela qual são obtidos dados preliminares sobre: o consumo de matérias-primas, insumos e energia; operações desenvolvidas no processo; potenciais e reais fontes de geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas; tipo de produto fabricado; existência de certificações ou licenças ambientais e indicadores para medição de desempenho ambiental. O Apêndice A apresenta o modelo de FIPP desenvolvido neste trabalho. A FIPP deve ser preenchida pelo responsável pela empresa, sob orientação da pessoa que está conduzindo a avaliação ambiental.

2.2.2 Mapeamento do processo produtivo

A partir das informações obtidas durante o preenchimento da FIPP e com base nas observações feitas durante visita às instalações da empresa, deve ser elaborado um diagrama de blocos contendo as principais operações envolvidas no sistema produtivo analisado. O diagrama de blocos deve seguir o fluxo de produção, desde a entrada de matérias-primas até a saída dos produtos, destacando os pontos de geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas. Também precisa contemplar o destino dado a esses rejeitos, ou seja, se existir estação de tratamento de efluentes, área para a armazenagem de resíduos sólidos, sistemas de controle de emissões gasosas, eles devem constar no esboço do diagrama de blocos.

Caso seja possível quantificar as principais correntes materiais do processo produtivo, tal informação deve ser lançada no diagrama de blocos, para auxiliar na avaliação ambiental. No entanto, esse tipo de dado não é estritamente necessário para o desenvolvimento do trabalho.

2.2.3 Avaliação ambiental

A avaliação ambiental de um processo produtivo inicia-se com a identificação de suas atividades,

produtos ou serviços que interagem com o meio ambiente. Todavia é necessário selecionar aqueles que possuem maior impacto ambiental negativo. Usualmente, tal objetivo é atingido a partir do emprego de indicadores ambientais (PEROTTO et al., 2008). Nesse sentido, a avaliação ambiental apresentada neste trabalho é similar àquela adotada por Siracusa, La Rosa e Sterlini (2004), em sua proposta de modelo para calcular o índice de proteção ambiental. Basicamente, esses pesquisadores criaram um índice de poluição que foi atribuído para cada um dos aspectos ambientais identificados no processo produtivo. Por sua vez, esse índice é o produto de três indicadores: índice t , relacionado com o tempo de duração da poluição; índice G , que diz respeito à severidade do poluente em questão; e índice P , associado à quantidade de poluente lançado no meio ambiente. Em geral, é comum o uso de índices similares a esses nos trabalhos que visam à avaliação ambiental de processos produtivos, o que justifica seu emprego neste estudo (MOURA, 2000; KRAEMER, 2002).

A partir das informações apresentadas no diagrama de blocos, pode ser dado início à avaliação ambiental. Primeiramente, devem ser listadas todas as intervenções ambientais identificadas no processo produtivo, bem como a operação em que cada uma é gerada. Nesse ponto é importante identificar o meio diretamente impactado pela intervenção ambiental (solo, recursos hídricos, atmosfera), a sua origem (matéria-prima, insumo, produto intermediário, limpeza do processo produtivo) e as condições de geração (normais – durante funcionamento contínuo dos equipamentos; anormais – apenas na partida, na parada de máquinas ou durante limpeza das instalações). Para melhor sistematizar a descrição dessas informações, a Tabela 1 apresenta um modelo de planilha a ser preenchida com esses dados.

Na sequência, deve ser preenchida a Matriz de Avaliação Ambiental, a qual é composta por duas partes: potenciais impactos negativos causados pela intervenção ambiental e avaliação quantitativa associada à intervenção ambiental. Com relação aos potenciais impactos negativos, o responsável pela condução da análise deve avaliar que tipo de impacto a intervenção ambiental apresenta localmente e em nível global. O Quadro 1 apresenta alguns exemplos de impactos locais que podem ser causados por intervenções ambientais de diversos processos produtivos.

Em relação aos efeitos globais, nesse modelo são adotadas 8 categorias de impacto ambiental, conforme descrito na metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (CHEHEBE, 1998; SANTOS, 2002). O Quadro 2 ilustra as categorias adotadas neste trabalho e fornece informações que permitem ao condutor da análise relacionar as intervenções ambientais com essas categorias.

Já na avaliação quantitativa das intervenções ambientais, a intenção é utilizar alguns índices que permitam distinguir intervenções críticas daquelas com baixo efeito sobre o meio ambiente. Essa distinção é importante, pois irá auxiliar na determinação dos prazos para a execução das melhorias ambientais. Intervenções críticas exigem ação mais rápida para corrigi-las do que intervenções com baixo efeito sobre o meio ambiente.

A base para o desenvolvimento dos índices adotados nesse trabalho é aquela apresentada na Metodologia MAICAPI e no trabalho de Siracusa, La Rosa e Sterlini (2004), tendo ocorrido o acréscimo de índice relacionado à existência e à eficácia de sistemas de controle de impactos ambientais. Assim, os índices adotados no Modelo MAASPI são os seguintes:

- Índice de gravidade (G): relacionado com a magnitude real ou potencial de impacto ao meio

Tabela 1. Avaliação prévia das intervenções ambientais.

| Operação | Intervenção ambiental | Meio de impacto direto | Origem | Condição de geração |
|----------|-----------------------|------------------------|--------|---------------------|
|----------|-----------------------|------------------------|--------|---------------------|

Quadro 1. Exemplos de categorias de impactos locais causados por intervenções ambientais.

| Intervenção ambiental | Impacto local |
|---|---|
| Emissões gasosas ou de materiais particulados sem sistema de controle ou tratamento | Incômodos à população Prejuízos a plantações |
| Lançamento de efluentes líquidos em recurso hídrico e sem tratamento prévio | Diminuição da qualidade do recurso hídrico que recebe o efluente Poluição das águas Mortandade de peixes |
| Disposição de resíduos sólidos diretamente no solo | Uso inadequado do solo Proliferação de organismos transmissores de doenças Incômodos à população Geração de odores desagradáveis Contaminação de recursos hídricos subterrâneos |

ambiente associada à intervenção ambiental analisada. Assume valores de 1 a 4, de acordo com as seguintes classes: (1) desprezível, (2) marginal, (3) crítico, (4) catastrófico. Para a sua determinação, podem ser considerados os efeitos locais e globais associados à intervenção ambiental ou a ultrapassagem de limites técnico-legais estabelecidos na legislação, por exemplo: atende à legislação – desprezível; ultrapassa em até 20% os limites técnico-legais – marginal; ultrapassa em até 80% os limites técnico-legais – crítico; ultrapassa 80% do limite técnico-legal – catastrófico. Os limites 20% e 80% citados acima são meramente ilustrativos e servem apenas para demonstrar uma

forma de raciocínio que pode ser empregada para atribuir valores ao índice de gravidade. Poderiam ser adotados outros limites, tais como 10% e 90% ou 30% e 70%. O importante é que, uma vez estabelecidas essas diretrizes, elas sejam mantidas ao longo de toda a avaliação;

- Índice de frequência de ocorrência (FO): é determinado a partir do quão frequente é a ocorrência da intervenção ambiental analisada no processo produtivo. Para sua determinação, pode ser feita a seguinte pergunta ao responsável pelo processo produtivo: Em um mês de produção, em média, qual é o percentual de ocorrência dessa intervenção? Assume valores de 1 a 5, conforme

Quadro 2. Categorias de impactos globais e sua relação com as intervenções ambientais.

| Categorias de impactos globais | Intervenções ambientais associadas |
|---------------------------------------|---|
| Exaustão de recursos não-renováveis | Consumo de combustíveis fósseis, minerais, minérios, etc. |
| Aquecimento global | Emissões de CO ₂ , CH ₄ , aerossóis. |
| Toxicidade humana | Geração de resíduos perigosos, contendo metais pesados, hidrocarbonetos, entre outros. |
| Acidificação | Emissões de óxidos de nitrogênio e enxofre, lançamento de efluentes com valores baixos de pH |
| Formação de oxidantes fotoquímicos | Emissões de óxidos de nitrogênio |
| Nitrificação | Lançamento de efluentes com elevada carga de nutrientes, especialmente com altas concentrações de nitrogênio e fósforo. |
| Ecotoxicidade | Geração de resíduos sólidos perigosos ou lançamento de efluentes contendo metais pesados (Hg, Cd, Pb, ...). |
| Uso inadequado do solo | Geração e disposição final de resíduos sólidos perigosos e não-perigosos |

| | | Potenciais valores de pontuação (P) | | | | | | | |
|-------------------------|---|---|----|---------------|----|----|----|-----------------------------------|---|
| Índice de gravidade (G) | 4 | 12 | 24 | 36 | 48 | 60 | 3 | Índice de magnitude controle (MC) | |
| | 3 | 9 | 18 | 27 | 36 | 45 | | | |
| | 2 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | | | |
| | 1 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 2 | | |
| | 4 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | | | |
| | 3 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | | | |
| | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 1 | | |
| | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | | | |
| | 4 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | | | |
| | | 3 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | | 1 |
| | | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | | |
| | | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | |
| | | Índice de frequência de ocorrência (FO) | | | | | | | |
| | | Legenda | | | | | | | |
| | | 41 - 60 | | Crítico | | | | | |
| | | 21 - 40 | | Significativo | | | | | |
| | | 11 - 20 | | Reduzido | | | | | |
| | | 1 - 10 | | Desprezível | | | | | |

Figura 2. Quadro de orientação para priorização das intervenções ambientais.

- O que deve ser feito (*What?*), ou seja, quais aspectos e impactos ambientais serão tratados, inclusive estabelecendo metas, se for o caso;
- Quando deve ser feito (*When?*), isto é, o prazo estabelecido para a realização de cada atividade planejada, conforme proposto no Quadro 3;
- Onde serão executadas as ações programadas (*Where?*), ou seja, para quais operações e em que situações se aplica aquela ação;
- Por que essas ações serão executadas (*Why?*), isto é, que requisitos técnico-legais ou corporativos determinam a realização dessas atividades;
- Quem tem a responsabilidade por realizar a ação (*Who?*);
- Como será realizada a ação necessária para atingir a meta estabelecida (*How?*); e
- Em termos de custo, qual o investimento necessário para a adequação ambiental da empresa (*How much?*).

3 Resultados

A aplicação do modelo MAASPI ocorreu em uma empresa do setor metal-mecânico. Segundo Nascimento, Lemos e Hiwatashi (1997), esse setor é responsável por 19% do produto industrial do Rio Grande do Sul.

Trata-se de um empreendimento de pequeno porte, localizado em uma zona mista (residencial-industrial), na região norte do Estado do Rio Grande do Sul, responsável pela fabricação de esquadrias metálicas,

tais como portas, janelas, grades, entre outros. No total, o quadro de funcionários é composto por três pessoas, incluindo o responsável pela empresa, o qual participou da condução do estudo. Para a aplicação do modelo, foi realizada uma visita técnica inicial ao processo produtivo, na qual foram obtidas as informações necessárias para o preenchimento do FIPP, estabelecimento do diagrama de blocos do processo e preenchimento da Matriz de Avaliação Ambiental. O tempo total utilizado para a aplicação do modelo ficou em torno de 2 dias, incluindo os trabalhos de campo, preenchimento das planilhas e elaboração do plano de ação. A seguir são descritos os principais resultados obtidos na aplicação de cada uma das etapas do modelo MAASPI.

3.1 Preenchimento do Ficha de Identificação do Processo Produtivo

Com o preenchimento da Ficha de Identificação do Processo Produtivo foi verificado que a empresa não possui licença de operação expedida por órgão ambiental competente, certificado ambiental ou sistema de gestão ambiental implementado. O processo produtivo é do tipo customizado e a principal matéria-prima utilizada são barras e chapas metálicas, além de tinta e eletrodos de solda. Com relação à geração de rejeitos, eles são constituídos basicamente por retalhos de chapas, resíduos de eletrodos e latas de tintas. Não há geração de efluentes líquidos e as emissões gasosas restringem-se à área de pintura e esmerilhamento de peças. A área de armazenagem dos

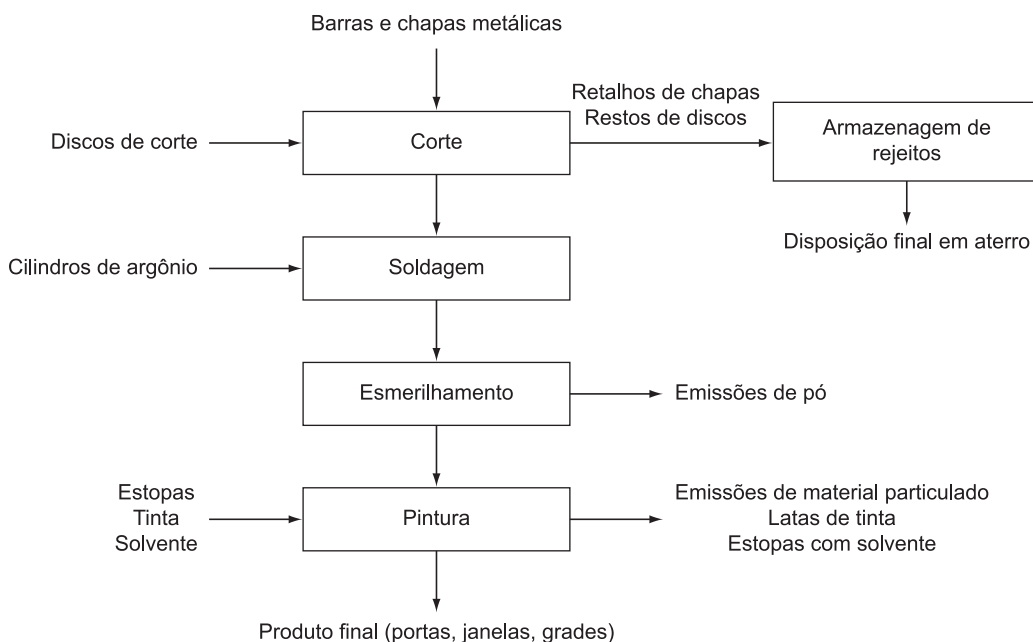


Figura 3. Diagrama de blocos do processo produtivo.

resíduos sólidos atendia às orientações estabelecidas nas Normas Técnicas da ABNT NBR 11.174 e 12.235.

3.2 Mapeamento do processo produtivo

A partir das informações coletadas durante o preenchimento da FIPP e com base nas observações realizadas durante a auditoria, foi estabelecido o diagrama de blocos do processo produtivo, apresentado na Figura 3.

O processo produtivo é composto, basicamente, pelas operações de corte, soldagem, esmerilhamento e pintura. A matéria-prima (barras e chapas metálicas) é inicialmente cortada nas dimensões necessárias para a fabricação do produto desejado. Essa operação é realizada com o auxílio de discos de corte e gera, como rejeitos, retalhos de chapas e sobras de corte.

Na etapa de soldagem, as peças metálicas cortadas anteriormente são unidas para constituir o produto final. Essa operação é realizada com o emprego de solda miag e solda elétrica. Na solda miag é consumida uma mistura gasosa contendo gás argônio.

Já a operação de esmerilhamento envolve o polimento da peça metálica para a remoção do excesso de solda e preparação para o acabamento final. Nessa operação são geradas emissões de material particulado (pó).

Por fim, o produto passa pela operação de pintura, realizada por pistolas de ar comprimido. O principal aspecto ambiental associado a essa operação é a emissão de material particulado composto de gotículas de tinta. Segundo informações obtidas durante visita a campo, a quantidade de material particulado gerado na pintura é muito maior do que aquela gerada na etapa de esmerilhamento. Não foi verificada a presença de sistema de controle de emissões de material particulado na sala de pintura, nem mesmo acoplado à esmerilhadeira. Ainda, foi informado que são geradas estopas com solvente, usadas na limpeza de máquinas e do produto final.

3.3 Avaliação ambiental

Após o estabelecimento do diagrama de blocos e a identificação dos rejeitos gerados no processo produtivo, foi dado início à avaliação ambiental, com o preenchimento da planilha de avaliação prévia das intervenções ambientais, mostrada no Quadro 4.

Pelos resultados apresentados no Quadro 4, verifica-se que os meios diretamente impactados pelas intervenções ambientais identificadas nesse processo produtivo são o solo e a atmosfera. Também, conclui-se que tais intervenções são geradas em condições normais de operação.

A etapa seguinte da avaliação ambiental consistiu no preenchimento da Matriz de Avaliação Ambiental, a qual é apresentada na Tabela 3. Como pode ser visto, os impactos locais causados pelas intervenções ambientais associadas a esse processo produtivo referem-se ao uso inadequado do solo (38%), proliferação de vetores de doenças (38%) e incômodos à população (24%). Já em nível global, considerando as categorias de impacto adotadas no modelo, verificou-se que esse processo produtivo contribui principalmente para o uso inadequado do solo e toxicidade humana.

No que se refere à avaliação quantitativa, o seu emprego permitiu distinguir as intervenções com efeitos desprezíveis daqueles que têm efeito significativo. Não foi identificada nenhuma intervenção ambiental com efeito crítico. Apenas duas intervenções (emissões de pó da etapa de esmerilhamento, emissões de aerossóis da etapa de pintura) foram classificadas como significativas. O principal fator que contribuiu para esse resultado está relacionado com a falta de sistema de controle e de minimização de impactos ambientais. Do ponto de vista de etapas de fabricação, a operação de corte foi a que apresentou menor impacto ao meio ambiente, pois as intervenções ambientais relacionadas com essa atividade apresentaram efeito desprezível.

Por fim, cabe salientar que as intervenções ambientais que apresentaram efeito significativo impactam diretamente a atmosfera.

3.4 Identificação e priorização dos impactos ambientais negativos

A partir do preenchimento da Matriz de Avaliação Ambiental, foi observado que os principais impactos ambientais gerados no processo produtivo analisado devem-se à emissão de pó (esmerilhamento) e à emissão de aerossóis (pintura). Como em ambos os casos o efeito é significativo, considerando as diretrizes adotadas no Modelo MAASPI, as ações de

Quadro 4. Avaliação prévia das intervenções ambientais do processo produtivo.

| Operação | Intervenção ambiental | Meio de impacto direto | Origem | Condição de geração |
|----------------|---|------------------------|-----------------------|---------------------|
| Corte | Retalhos de chapas | Solo | Matéria-prima | Normal |
| | Restos de discos | Solo | Insumo | Normal |
| Esmerilhamento | Emissões de pó | Atmosfera | Produto intermediário | Normal |
| Pintura | Geração de resíduos (latas de tintas, estopas com solvente) | Solo | Insumo | Normal |
| | Emissões de aerossóis | Atmosfera | Insumo | Normal |

Tabela 3. Matriz de avaliação ambiental das intervenções do processo produtivo.

| Operação | Intervenção ambiental | Impacto | | Legislação | Matriz de Risco | | | Efeito | |
|----------------|--|------------------------------------|---|--|-----------------|----|----|--------|---------------|
| | | Local | Global | | G | FO | IC | | P |
| Corte | Retalhos de chapas | Uso inadequado do solo | Uso inadequado do solo | - Legislação estabelece que resíduos sólidos devem ser dispostos em aterro industrial | 2 | 4 | 1 | 8 | Desprezível |
| | | Proliferação de vetores de doenças | | | | | | | |
| Esmerilhamento | Restos de discos | Uso inadequado do solo | Uso inadequado do solo | - Legislação estabelece que resíduos sólidos devem ser dispostos em aterro industrial | 1 | 2 | 1 | 2 | Desprezível |
| | | Proliferação de vetores de doenças | | | | | | | |
| Pintura | Emissões de pó | Incômodos à população | Contribui para catalisar reações atmosféricas, como a formação de agentes oxidantes | - Legislação local estabelece que não podem ser emitidas substâncias odoríferas perceptíveis fora dos limites da empresa | 2 | 4 | 3 | 24 | Significativo |
| | | | Toxicidade humana | | | | | | |
| Pintura | Geração de resíduos (latas de tinta, estopas com solvente) | Uso inadequado do solo | Toxicidade humana | - Armazenagem conforme NBR 12.235; | 3 | 2 | 2 | 12 | Reduzido |
| | | Proliferação de vetores de doenças | Ecotoxicidade | - Disposição final em aterro para resíduos perigosos | | | | | |
| Pintura | Emissões de aerossóis | Incômodos à população | Aquecimento global | - Legislação local estabelece que não podem ser emitidas substâncias odoríferas perceptíveis fora dos limites da empresa | 3 | 3 | 3 | 27 | Significativo |
| | | | Toxicidade humana | | | | | | |

melhoria devem ser implementadas em um período de até 45 dias.

Além dessas duas intervenções, a geração de resíduos perigosos (pintura) também deve ser considerada na etapa de geração de cenários de melhoria, pois seu efeito, embora reduzido, não pode ser ignorado. As intervenções ambientais com efeito desprezível não foram contempladas na geração de cenários de melhoria.

3.5 Geração de cenários de melhoria

A etapa de geração de cenários de melhoria teve como foco as intervenções ambientais listadas no item anterior, a saber: emissão de pó no esmerilhamento, emissão de aerossóis da pintura e geração de resíduos perigosos da pintura. Devido à inexistência de sistemas de controle de impactos ambientais, o que contribuiu preponderantemente para esse resultado, o cenário de

melhoria associado à emissão de pó e de aerossóis considerou a possibilidade de instalar ciclone e lavador de gases nessas operações, respectivamente.

No que diz respeito à geração de resíduos perigosos, embora existam sistemas de controle de impactos (armazenagem temporária em tambores devidamente identificados), tais sistemas apresentam falhas, pois esses rejeitos são destinados para o aterro municipal e não para aterros de resíduos perigosos. Nesse sentido, a destinação final adequada para esse resíduo foi considerada na geração de cenários de melhoria.

3.6 Plano de ação

O plano de ação a ser implementado nesse processo produtivo foi desenvolvido a partir dos cenários de melhoria estabelecidos na etapa anterior. O Quadro 5 apresenta o esboço desse plano de ação.

Quadro 5. Esboço do plano de ação a ser implementado no processo produtivo avaliado.

| O quê | Quando | Onde | Por quê | Quem | Como | Quanto |
|---|--|--------------------------------------|--|--------------------------|--|--|
| Instalar lavador de gases acoplado à cabine de pintura, com recirculação do fluido de lavagem e sistema de filtração para remoção de impurezas, as quais devem ser dispostas em aterro de resíduos industriais perigosos. | Em até 45 dias após a realização da auditoria. | Na área de pintura do produto final. | Pois a legislação local estabelece que o processo produtivo não pode emitir substâncias odoríferas fora dos limites da empresa. | Proprietário da empresa. | Contratando empresa especializada no projeto e execução de obras de lavadores de gases. | Por se tratar de um projeto de pequena extensão, estima-se um custo da ordem de R\$ 5.000,00 envolvidos no projeto, aquisição de equipamentos e execução da obra. |
| Instalar sistema de captação de material particulado na esmerilhadeira, devendo esse material ser destinado para aterro de resíduos industriais. | Em até 45 dias após a realização da auditoria. | Na máquina de esmerilhamento. | Para evitar a emissão de material particulado para a atmosfera, o que pode causar incômodos na vizinhança e catálise de reações atmosféricas que promovem a formação de agentes oxidantes. | Proprietário da empresa. | Contratando empresa especializada no projeto e execução de obras de sistemas de controles de emissões gasosas. | Trata-se de uma máquina pequena na qual deve ser instalado algum dispositivo de captação de material particulado (exaustor e ciclone), estimando-se um custo da ordem de R\$ 2.000,00 envolvidos no projeto, aquisição de equipamentos e execução da obra. |
| Dispor os resíduos perigosos em aterro industrial licenciado por órgão ambiental. | No máximo em 60 dias. | Na área de pintura do produto final. | A legislação ambiental prevê que resíduos perigosos (classe I) devem ser dispostos em aterro industrial com infraestrutura adequada. | Proprietário da empresa. | Contratando empresa especializada nesse tipo de atividade (coleta e destinação final de resíduos perigosos). | Estima-se um custo da ordem de R\$ 100,00 por tonelada de resíduo. |

4 Conclusões

4.1 Do estudo de caso

O desenvolvimento do Modelo de Avaliação Ambiental em Sistemas Produtivos Industriais – MAASPI – foi motivado pela necessidade de se ter uma ferramenta de análise ambiental adequada para o emprego em micro e pequenas empresas, permitindo uma implementação rápida, com custos reduzidos, sem perder o rigor científico. Como base para a sua elaboração foi utilizada a Metodologia MAICAPI, desenvolvida por Silva e Amaral (2006), por estar focada em uma avaliação ambiental no chão de fábrica e por permitir uma correlação entre a geração de rejeitos no processo produtivo e categorias de impacto ambiental global.

O modelo foi aplicado em uma empresa do setor metal-mecânico, responsável pela fabricação de esquadrias metálicas, localizada na região norte do Estado do Rio Grande do Sul. Ele permitiu identificar os principais impactos ambientais associados ao processo produtivo e distingui-los de acordo com seu efeito sobre o meio ambiente.

Foram identificadas cinco intervenções ambientais nesse processo, das quais apenas duas apresentaram efeito ambiental significativo, a saber: emissões de pó na operação de esmerilhamento e emissões de aerossóis na etapa de pintura.

De maneira geral, os impactos locais provocados por esse processo estão relacionados ao uso inadequado do solo, à proliferação de vetores de doenças e aos incômodos causados à população local. Em nível global, a implementação desse modelo permitiu observar que essas intervenções ambientais contribuem para a formação de agentes oxidantes, toxicidade humana e ecotoxicidade.

A instalação de sistemas de controle de emissões atmosféricas foi a principal ação proposta para minimizar os efeitos negativos desse processo produtivo sobre o meio ambiente.

Os resultados encontrados com a aplicação do modelo estão em consonância com aqueles obtidos por Nascimento et al. (1997) em seu trabalho. Naquele estudo, ficou evidenciado que a pintura, a usinagem, o tratamento térmico e de superfície estão entre as principais operações que apresentam comportamento ambiental crítico. Além disso, aquele trabalho mostrou que a adoção de filtros para conter materiais particulados e o armazenamento de resíduos sólidos são as principais ações utilizadas por empresas desse setor para minimizar os problemas de contaminação associados aos seus processos produtivos.

4.2 Das vantagens e desvantagens do Modelo de Avaliação Ambiental em Sistemas Produtivos Industriais em relação ao Metodologia para Avaliação de Impactos e Custos Ambientais em Processos Industriais

A partir dos resultados discutidos anteriormente, evidencia-se que o emprego do modelo MAASPI mostrou-se satisfatório e atendeu aos objetivos propostos inicialmente (avaliação rápida, expedita, com custos reduzidos). Para a implementação completa do modelo, foram necessários apenas dois dias de trabalho, um tempo bastante reduzido se comparado àquele necessário em outras metodologias de análises ambientais. Um fator que contribui predominantemente para isso diz respeito à eliminação da etapa de obtenção de dados físicos. Em geral, nas metodologias de avaliação ambiental que contemplam essa etapa, é comum os pesquisadores atribuírem à obtenção de dados físicos as maiores dificuldades encontradas e elevado tempo para conclusão. Por exemplo, na metodologia LCA, em que a obtenção de inventário de dados é imprescindível para a sua aplicação, Burgess e Brennan (2001) e Brentrup et al. (2001) apontaram essa etapa como sendo a mais problemática, principalmente se na análise do processo existirem correntes gasosas. Assim, a utilização de índices de desempenho ambiental, conforme a proposta de Siracusa, La Rosa e Sterlini (2004), permitiu simplificar esta análise, uma vez que dispensa a etapa de obtenção de dados físicos e econômicos. Em comparação com o MAICAPI, uma análise mais aprofundada dessa metodologia evidencia que tal informação é estritamente necessária para a avaliação econômica e nem tanto para a ambiental.

No que concerne à matriz de avaliação ambiental, embora permaneçam certas características intrínsecas de subjetividade quanto aos critérios e regras estabelecidos, este procedimento encontra similaridade em outros artigos que empregam a mesma concepção para determinar tais atributos, como no caso dos estudos de Kraemer (2002), Siracusa, La Rosa e Sterlini (2004) e Silva e Amaral (2009).

Ainda nesse aspecto, a inclusão do índice relacionado à existência de sistemas de controle ambiental foi de fundamental importância para o modelo, porque permitiu distinguir de forma mais precisa as intervenções ambientais significativas daquelas cujo efeito é desprezível. Nesse sentido, a inclusão desse índice mostra-se como uma vantagem do Modelo MAASPI sobre a Metodologia MAICAPI, além da estrutura simplificada e objetiva do primeiro em relação a essa última. Para exemplificar a importância desse índice, consideremos uma operação hipotética que gera determinada emissão gasosa. Pelo MAICAPI, admitindo que essa intervenção ambiental apresenta

gravidade marginal e que ocorra frequentemente, seu efeito seria crítico. No entanto, pelo MAASPI, se essa mesma intervenção ambiental tem índice de gravidade marginal e índice de frequência de ocorrência igual a 5 (equivalente a 100% do tempo de operação do processo), seu efeito pode ser desprezível, reduzido ou significativo, em função da presença ou não de sistema para o seu controle. Isto mostra o quão importante torna-se o acréscimo desse índice para que a análise de desempenho ambiental seja mais equilibrada, selecionando apenas as intervenções ambientais com forte impacto sobre o meio ambiente. De fato, uma intervenção ambiental com efeito significativo, porém controlada, necessita menos atenção do que uma intervenção com efeito reduzido, mas sem controle algum.

Outro aspecto a salientar diz respeito à associação estabelecida entre o índice de gravidade e a extrapolação de limites técnico-legais, que torna mais objetiva a atribuição desse índice à determinada intervenção ambiental do processo produtivo.

Por outro lado, quando comparado ao MAICAPI, o modelo MAASPI apresenta como desvantagem a perda de visão sistêmica. No MAICAPI, a avaliação ambiental é feita sob a perspectiva do ciclo de vida do produto. Já no MAASPI, isso não ocorre, pois esse modelo foi desenvolvido especificamente para uma avaliação de desempenho ambiental inicial do processo produtivo em si, sem considerá-lo inserido em sua cadeia. Outra especificidade do modelo refere-se ao fato de que, para a sua aplicação, faz-se necessário que o trabalho seja desenvolvido por profissional especialista na área ambiental. No entanto, salienta-se que o modelo prevê sua utilização em auditorias ambientais, nas quais frequentemente esse tipo de profissional já está envolvido.

Resta salientar a necessidade de aplicar esse modelo em sistemas produtivos de outros setores industriais, para poder verificar suas potencialidades e outras limitações.

Referências

- BRENTROP, F. et al. Application of the LCA methodology to agricultural production: an example of sugar beet production with different forms of nitrogen fertilisers. **European Journal of Agronomy**, v. 14, p. 221-233, 2001.
- BURGESS, A. A.; BRENNAN, D. J. Application of life cycle assessment to chemical processes. **Chemical Engineering Science**, v. 56, p. 2589-2601, 2001.
- CHEHEBE, J. R. B. **Análise do ciclo de vida de produtos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.
- GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- HUSSEY, D. M.; EAGAN, P. D. Using structural equation modeling to test environmental performance in small and medium-sized manufactures: can SEM help SMEs? **Journal of Cleaner Production**, v. 15, p. 303-312, 2007.
- KRAEMER, T. H. **Modelo econômico de controle e avaliação de impactos ambientais**. 2002. 191 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)–Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- KÜRZINGER, E. Capacity building for profitable environmental management. **Journal of Cleaner Production**, v. 12, p. 237-248, 2004.
- LERÍPIO, A. A. **Gaia – Um método de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais**. 2001. 159 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)–Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- MEINDERS, H.; MEUFFELS, M. Product chain responsibility – an industry perspective. **International Journal of Corporate Sustainability**, v. 8, p. 348-354, 2001.
- MOURA, L. A. A. **Qualidade e gestão ambiental**. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2000.
- NASCIMENTO, L. F.; LEMOS, A. D. C.; HIWATASHI E. O perfil ambiental das empresas do setor metal-mecânico e seus desafios competitivos. **Revista Produto e Produção**, v. 1, n. 1, p. 40-57, 1997.
- PAL, P. et al. Towards cleaner technologies in small and micro enterprises: a process-based case study of foundry industry in India. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 1264-1274, 2008.
- PEROTTO, E. et al. Environmental performance, indicators and measurement uncertainty in EMS context: a case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 517-530, 2008.
- SANTOS, L. M. M. **Avaliação ambiental de processos industriais**. Ouro Preto: ETFOP, 2002.
- SETAC. **Evolution and development of the conceptual framework and methodology of life cycle impact assessment**. Disponível em: <<http://www.setac.org>>. Acesso em: 10 jun. 2002.
- SETAC. **Life cycle assessment and conceptually related programmes**. Disponível em: <<http://www.setac.org>>. Acesso em: 03 out. 2002.
- SILVA, P. R. S.; AMARAL, F. G. An integrated methodology for environmental impacts and costs evaluation in industrial processes. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, p. 1339-1350, 2009.
- SILVA, P. R. S.; AMARAL, F. G. MAICAPI – Metodologia para avaliação de impactos e custos ambientais em processos industriais: estudo de caso. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 212-222, 2006.
- SIRACUSA, G.; LA ROSA, A. D.; STERLINI, S. E. A new methodology to calculate the environmental protection index (E_p). A case study applied to a company producing composite materials. **Journal of Environmental Management**, v. 73, p. 275-284, 2004.
- VALE, C. E. **ISO 14.000 Qualidade Ambiental – O desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente**. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1996.

Apêndice A – Ficha de identificação do processo produtivo

| | | | | | |
|--|---|------------------------------|--|-----------------------------------|---|
| Dados gerais da empresa | Nome da empresa (opcional): | | | | |
| | Endereço: | | | | |
| | Cidade: | Estado: | | | |
| | Nome do responsável pela empresa: | | | | |
| | Nome e função das pessoas que participaram da avaliação: | | | | |
| | Número de funcionários fixos: | | | | |
| | Setor produtivo: | | | | |
| | Sistema de Gestão Ambiental implementado | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | Tempo: | |
| | Licença ambiental de operação | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | Tempo: | |
| | Alvará do corpo de bombeiros | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | Tempo: | |
| | Possui algum certificado ambiental | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | Citar: | |
| | Treinamento ambiental para operadores | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | Periodicidade: | |
| Dados gerais do processo produtivo | Tipo de processo produtivo: | | <input type="checkbox"/> Customizado | <input type="checkbox"/> Linha | |
| | | | <input type="checkbox"/> Batelada | <input type="checkbox"/> Contínuo | |
| | Número de unidades ou linhas de produção: | | | | |
| | Principal(is) produto(s): | | | | |
| | Principal(is) matéria-prima(s) e insumo(s): | | | | |
| | Consumo de água no processo produtivo | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | Qtd. (L/mês): | |
| | Fontes de energia utilizada no processo produtivo: | | | | |
| Utilidades empregadas no processo produtivo: | | | | | |
| Dados sobre os rejeitos | Geração de resíduos sólidos | | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | Qtd. (kg/mês): |
| | Resíduos sólidos são segregados (NBR 10.004) | | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | |
| | Área de armazenagem temporária de resíduos atende às normas NBR 11.174 e 12.235 | | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | |
| | Destino dado aos resíduos sólidos: | | | | |
| | Geração de efluentes líquidos | | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | Qtd. (L/mês): |
| | Composição do efluente líquido: | | | | |
| | Existência de estação de tratamento de efluentes (ETE) | | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | |
| | Há geração de lodo no ETE | | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | Qtd. (kg/mês): |
| | Destino dado ao lodo: | | | | |
| | Geração de emissões gasosas | | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | |
| | Composição das emissões gasosas: | | | | |
| | Há sistema de controle de emissões | | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | Citar: |
| Outras informações relevantes | Há caldeira no processo produtivo | | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | Qtd.: |
| | Tipo de combustível utilizado na caldeira: | | <input type="checkbox"/> Lenha | | <input type="checkbox"/> Óleo combustível |
| | | | <input type="checkbox"/> Outro. Especificar: | | |
| | Há armazenagem de produtos químicos ou insumos | | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | |
| | Local de armazenagem tem piso impermeabilizado, sistema de contenção para vazamentos e protegido de intempéries | | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | |
| | Há tanques com produtos químicos | | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | Qtd.: |
| | Os tanques possuem bacia de contenção | | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | |
| | Na área de carga e descarga de produtos químicos, matérias-primas e produtos, há sistema de contenção para vazamentos | | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | |
| Há indicadores ambientais no processo | | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não | | |