

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO FMEA NA IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS: O CASO DE UMA EMPRESA PRODUTORA DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS

Dayanna dos Santos Costa Maciel (*), Lúcia Santana de Freitas.

* Universidade Federal de Campina Grande, dayanna-costa@hotmail.com

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo identificar e analisar os impactos ambientais causados pelas atividades desenvolvidas em uma empresa produtora de embalagens flexíveis, à luz do método FMEA. Para isso, utilizou-se como base teórica o modelo de Análise de Falha e seus Efeitos (FMEA), proposto por Vandenbrande (1998). Quanto à metodologia, a pesquisa classifica-se como exploratória e descritiva, utilizando-se do método de estudo de caso. Para atingir aos objetivos propostos, foram coletados dados primários (obtidos por meio de entrevista semiestruturada e observação não participante através de visitas técnicas) e secundários (obtidos por meio de relatórios, artigos, licenças ambientais, dentre outros documentos). Foram identificados e analisados os impactos ambientais oriundos das atividades produtivas da empresa e de gestão (demais dependências da organização). Como resultado verificou-se que a intensidade do impacto do processo produtivo é alta por apresentar um Índice de Risco Ambiental - IRA igual a 7,05. No que tange a intensidade o impacto ambiental das demais dependências da empresa AlfaFlex este foi classificado como médio impacto ambiental uma vez que apresentou um IRA de 4,75. Por fim, conclui-se que apesar dos impactos do processo produtivo, contribuírem significativamente para o alto nível do IA (impacto ambiental) da empresa estudada, os impactos relacionados às demais dependências merecem atenção, embora seus impactos sejam de menor intensidade, uma vez que o presente estudo verificou que a empresa em muitos destes impactos não possui iniciativas.

PALAVRAS-CHAVE: impacto ambiental, FMEA, embalagens flexíveis.

INTRODUÇÃO

No atual cenário econômico-social questões de caráter ambiental cada vez mais ganham proporção mundial e se tornam alvos de discussões acadêmicas, governamentais e empresariais, voltadas para a busca de um novo modelo de crescimento econômico que considere a preservação do meio ambiente e a solução dos problemas ambientais por intermédio de iniciativas individuais, empresariais e públicas. No que tange as iniciativas empresariais, verifica-se que as empresas tem buscado lidar com o desafio de vincular proteção ambiental às suas atividades, uma vez que a complexidade de mercado, aumento do consumo e produção e as exigências ambientais que crescem a cada dia, pressionando as organizações a uma mudança de postura que permita a esta manter-se competitiva no mercado em que atua.

Neste sentido, as empresas tem voltado o seu foco para a gestão ambiental empresarial, que consiste segundo Donaire (2007) em um conjunto de políticas, programas e práticas administrativas e operacionais que levam em conta a saúde e segurança das pessoas; a proteção do meio ambiente pela eliminação/minimização de impactos e danos ambientais; e, implantação, operação, ampliação, realocação e desativação de atividades, em todas as fases do ciclo de vida de um produto. Para tanto, as empresas que buscam a prática deste conceito devem primeiramente conhecer os potenciais e reais impactos ambientais oriundos de suas atividades.

Como ferramenta para identificação e diagnóstico de impactos ambientais, Vandenbrande (1998) apresenta um modelo chamado Análise de Falha e seus Efeitos (FMEA), que pode ser aplicado nas mais diversas atividades econômicas dentre as quais se podem destacar: agroindústria (WESNCELAU e ROCHA, 2012), lavanderia (SOARES et al, 2013), varejo de combustíveis (MACIEL e FREITAS, 2013), laticínios (BÔAS e PERES, 2014), instituição de ensino (CEREZINI et al, 2016), entre outros. Em virtude da aplicabilidade da FMEA e sua contribuição na identificação e análise de impactos ambientais, o presente estudo tem por objetivo: identificar e analisar os impactos ambientais causados pelas atividades desenvolvidas em uma empresa produtora de embalagens flexíveis, à luz do método FMEA.

Neste sentido, é importante destacar o fato das indústrias de embalagens flexíveis no referente às questões ambientais apresentarem impactos relacionados a geração resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões

gasosas. Os resíduos sólidos são oriundos da aquisição de matéria-prima, produtos defeituosos, e resíduos de etapas do processo de produção (paletes de madeira; tambores metálicos; tambores plásticos; bobinas; cones; separadores; sucata de ferro; plástico; papel; papelão; filmes; entre outros). No referente aos efluentes líquidos, destaca-se que a geração de efluente industrial contendo metais pesados dos banhos galvânicos (cromo, níquel e cobre), solda cáustica e acetato de etila (que são substâncias nocivas ao meio ambiente). E as emissões gasosas são originadas dos solventes das tintas, entre eles o mais usado é o acetato de etila, já citado anteriormente, usadas para impressão e também, pois da tinta apenas o substrato fica agregado à embalagem e o solvente, que é muito volátil, para dar rapidez aos processos, evapora rapidamente. Contudo, diante do exposto o presente estudo parte do princípio de que as indústrias do segmento de embalagens flexíveis devem identificar e analisar os impactos ambientais causados por suas atividades no setor de produção e nas suas demais dependências.

Para tanto o presente estudo justifica-se por propiciar, através da aplicação da ferramenta FMEA, a identificação dos impactos ambientais e apresentação de uma escala de priorização baseada na aplicação de índices de criticidade, permitindo, assim, a avaliação dos maiores riscos ambientais e facilitando a visualização das possíveis ações de melhoria e controle, que poderão servir como rica fonte de informação e orientação às práticas ambientais em empresas produtoras de embalagens flexíveis.

IMPACTOS AMBIENTAIS NO SEGMENTO DE EMBALAGENS FLEXÍVEIS.

Embalagens plásticas flexíveis, por definição, são aquelas cujo formato depende da forma física do produto acondicionado e cuja espessura é inferior a 250 micras. Nessa classificação, enquadram-se sacos ou sacarias, pouches, envoltórios fechados por torção e/ou grampos, tripas, pouches auto-sustentáveis (stand-up-pouches), bandejas flexíveis que se conformam ao produto, filmes encolhíveis (shrink) para envoltórios ou para utilização, filmes esticáveis (stretch) para envoltório ou para amarração de carga na paletização, sacos de rafia, entre outros (ABIEF, 2013). Dentro da gama de materiais flexíveis pode-se ainda considerar, selos de fechamento, rótulos e etiquetas plásticas.

Segundo o Instituto de Embalagens (2009), a definição clássica de embalagens flexíveis vincula-se ao fato deste tipo de embalagem não ser caracterizada por um único material que a constitui, visto que são normalmente compostas de materiais em múltiplas camadas. Isto porque seus materiais constituintes de forma isolada não possuem todas as propriedades químicas, físicas e características protetoras necessárias para atingir todos os requerimentos para o produto destinado e o processo de empacotamento.

As embalagens flexíveis estão presentes no dia a dia dos consumidores, condicionado vários tipos de produtos a saber: arroz, feijão, farinha, açúcar, produtos em pó ou desidratados, misturas secas, pães e bolos, massas, biscoitos, maionese e molhos, ração animal; produtos perecíveis, produtos de higiene e limpeza.

No que tange, aos impactos ambientais deste segmento, destaca-se os relacionados a seu processo de produção. Na literatura pertinente a o segmento de embalagens flexíveis verificou-se uma carência muito grande de trabalhos que vinculem a temática ambiental ao processo produtivo das embalagens flexíveis. Neste sentido, destaca-se três trabalhos que abordam os impactos ambientais que são originados das atividades produtivas das indústrias produtoras de embalagens flexíveis.

O primeiro trabalho trata-se de um estudo empírico realizado por Queiroz *et al* (2005). Tal estudo teve como objetivo avaliar os impactos ambientais causados na produção de embalagens flexíveis a partir de dados coletados em uma indústria paraibana do segmento. Dentro desta perspectiva, o estudo destaca alguns pontos do processo econômico – comercial, além da produção, enfatizando as mudanças físicas e/ou químicas desde a matéria-prima até o produto final, assim como o maquinário utilizado; focando sempre a preocupação ambiental que se deve ter em cada etapa do processo, trabalhando na perspectiva de se obter uma eficiência considerável e dando destinação adequada a seus rejeitos sejam gasosos, sólidos e líquidos.

A empresa foco do estudo de Queiroz *et al* (2005), possui 12 etapas em seu processo produtivo, a saber: Preparação de artes, tratamento de superfícies, gravação de cilindros, prova de cor, extrusão, impressão, laminação, revisão, rebobinagem, embalagem, S.O.S (estocagem), expedição. Cabe ressaltar que dentre estas etapas a impressão é do tipo Rotogravura, o que também influência nos impactos diagnosticados. No que tange a estes impactos ambientais diagnosticados no estudo, este se limitou a verificar os resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas gerados ao longo do processo, conforme destaca o quadro 1.

Quadro 1: Impactos ambientais diagnosticados na indústria de embalagens flexíveis paraibana. Fonte: Elaboração própria, a partir de Queiroz et al, 2005.

TIPO	RESÍDUOS/ EFLUENTES / EMISSÕES DIAGNOSTICADOS	FONTE GERADORA
Resíduos sólidos	- Paletes de madeira, tambores metálicos, tambores de plástico, bobinas, cones, separadores, sucata de ferro, plástico, papel, papelão, filmes; entre outros, como os que não tem ligação com o processo industrial.	- Embalagens de matérias-primas que não podem ser inseridas no processo produtivo; - Etapas do processo produtivo; - Perdas de produção (esse segmento industrial trabalha com índice de perdas variando de 8 a 13%).
Efluentes líquidos	- Doméstico; - Industrial.	- Atividades de higiene humana e de limpeza do ambiente; - Banhos galvânicos realizados dentro das etapas do processos produtivos (contendo metais pesados como: cromo, níquel e cobre).
Emissões Gasosas	- Acetado de atila	- Evaporação do solvente aplicado nas tintas de impressão.

O estudo de Queiroz *et al* (2005) traz como grande contribuição o diagnóstico dos resíduos/ efluentes e emissões oriundo das atividades produtivas deste tipo de indústria, contudo cabe destacar que os impactos ambientais deste tipo de atividade não se limitam a geração destes; deve-se considerar neste sentido outros indicadores além da geração de resíduos, efluentes e emissões. Ainda dentro deste contexto, Cabral *et al* (2009) verificou a necessidade de dispor de outros indicadores para avaliar o impacto ambiental de indústrias de embalagens. Para tanto estes em seu estudo buscaram uma visão mais ampla, vinculando o impacto da indústria da embalagem a gestão ambiental com vista a sustentabilidade. Neste sentido, estes tiveram como objetivo de estudo o desenvolvimento de um modelo de gestão da sustentabilidade em empresas fabricantes de embalagem que permita orientar as suas atividades e decisões de forma sistêmica. O modelo está alicerçado num conjunto de indicadores dispostos de tal maneira que o gestor pode visualizar e monitorar, simultaneamente, a situação da empresa e a de cada um dos pilares da sustentabilidade - social, ambiental e econômico.

O estudo de Cabral *et al* (2009), traz indicadores com base nos três pilares básicos da sustentabilidade, contudo no que tange aos indicadores ambientais este mostra que os escolhidos enfatizam que os impactos ambientais relacionados a o setor de embalagens tem que considerar questões como o uso de energia e água (recursos de alto consumo neste tipo de produção, especialmente energia).

O último e terceiro trabalho destacado na vinculação impacto ambiental e produção de embalagens flexíveis é um estudo empírico realizado por Barbosa e Farias (2013). O referido estudo vinculou à questão do impacto ambiental a gestão ambiental através de uma ferramenta denominada Produção mais Limpa (P+L). Neste sentido o mesmo teve como objetivo analisar o processo produtivo da Empresa EmbFlex (nome fictício) à luz da ferramenta Produção mais Limpa. A pesquisa se utilizou de um estudo de caso em uma empresa produtora de embalagens flexíveis em Campina Grande-PB, e verificou dentre outros aspectos os principais resíduos gerados no processo produtivo desta empresa, que adota um sistema de produção puxada e a impressão por Rotogravura. Os principais resíduos identificados foram: resíduos de madeira e papelão; tambores metálicos de 200L e 100L; sucata de metais ferrosos; aparas de filmes plásticos lisos; aparas de filmes plásticos impressos; resíduos de solvente contaminado com tinta e adesivo; resíduos de plásticos rígidos; EPIs contaminados; Aparas de papel com impressão; varredura de resinas poliméricas; e resíduos de análises químicas.

Os respectivos estudos apesar de apresentarem focos diferentes destacam a questão ambiental vinculada à produção de embalagens flexíveis e suas respectivas empresas produtoras, permitindo assim ter-se uma noção básica de que impactos fazem parte deste universo. Para tanto, verifica-se que o segmento de embalagens flexíveis necessita de mais estudos nesta linha de raciocínio, a fim que permitam ratificar o que já se conhece do segmento. Em vista à relevância dos impactos ambientais gerados na produção de embalagens flexíveis, faz-se necessária uma análise desses impactos e a inserção de uma gestão ambiental ativa nesse tipo de

organização. Para este fim, pode-se utilizar o método da Análise de Falhas e seus Efeitos (FMEA), explicitado a seguir.

ANÁLISE DE FALHAS E SEUS EFEITOS (FMEA)

Conforme Barasuol et al.(2006), o FMEA é uma metodologia de análise de projetos (produtos ou processos, industriais e/ou administrativos) que tem como finalidades a identificação de todos os possíveis potenciais de falha e a determinação do efeito de cada uma destas falhas sobre o desempenho do sistema (produto ou processo), mediante um raciocínio fundamentalmente dedutivo. Para estes autores, o FMEA após ter sua aplicação em estudos realizados na NASA, disseminou-se na indústria automobilística, a qual, em grande parte, exige de forma contratual que seus fornecedores de autopeças utilizem tal ferramenta devida este ter uma análise de “baixo para cima” (bottom-up), onde procura identificar falhas críticas em cada componente as suas causas e devidas consequências, aumentando a qualidade e a confiabilidade das peças produzidas por estes. No entanto, o FMEA foi projetado inicialmente a fim de estudar falhas em projetos da aeronáutica e atualmente vem possuindo uma relevante aplicação na identificação e diagnóstico os problemas e riscos ambientais, principalmente no que tange a mensuração de impacto ambiental (VANDENBRANDE, 1998).

Neste contexto, tal ferramenta tem como principais objetivos a prevenção dos problemas ambientais mais importantes e o impedimento ou minimização das consequências geradas pelos possíveis problemas. Vandenbrande (1998) explica que, o clássico processo de FMEA pode ser facilmente adaptado a um estudo dos riscos potenciais do ambiente. Isto porque ao usar uma tabela de pontuação de gravidade, o número de prioridade ambiental pode ser calculado da mesma forma que o número de riscos. Contudo, Andrade (2000) tomando como base a metodologia de Vandenbrande (1998), propõe que o FMEA seja aplicado nas organizações para a análise dos aspectos e impactos ambientais causados por suas atividades, podendo ser considerado como ECO - FMEA.

Segundo este autor o ECO - FMEA pode ser utilizado para estes fins no Sistema de Gestão Ambiental. Para tanto ele apresenta um método de aplicação composto por 12 etapas, a saber: 1- Definição da equipe responsável; 2- Definição dos itens do sistema de Gestão Ambiental; 3- Preparação prévia para coleta de dados; 4- Pré-filtragem dos aspectos ambientais considerados; 5- Identificação do processo/função a ser considerado; 6- Identificação dos aspectos e impactos ambientais; 7- Identificação das causas e falhas; 8- Identificação dos controles atuais de detecção; 9-Determinação dos índices de criticidade; 10- Análise dos riscos ambientais e plano de ações; 11- Revisão do plano de Ação; 12- Revisão do ECO - FMEA sempre que necessário.

O ECO - FMEA proposto por Andrade (2000) contempla o processo prático do FMEA (tradicional) especificadamente nas etapas 5, 6, 7, 8, 9, que uma vez aplicadas resultam em um formulário de análise o qual se estrutura em 10 colunas, conforme o proposto por Maciel e Freitas (2013)em uma aplicação desta metodologia (figura 1).

Dependências	Identificação			Avaliação			Índice (IRA)	Intensidade	Forma atual de controle
	Aspectos ambientais	Impactos	Causa Potencial	M	F	D			

Figura 1: Formulário para aplicação do FMEA. Fonte: Maciel e Freitas, 2013.

Neste formulário de identificação e avaliação dos impactos ambientais consta no levantamento de cada atividade executada pela empresa e os aspectos ambientais inerentes e seus respectivos impactos, bem como, as causas potenciais de impactos. Na fase de avaliação, cada atividade identificada é avaliada pelos parâmetros: Magnitude (M), Frequência (F), e Grau de detecção (D), cuja a multiplicação resulta como produto o Índice de Risco Ambiental (IRA), estes parâmetros são avaliados conforme o exposto no quadros, 2, 3 e 4 . Posteriormente, a partir do IRA encontrado se calcula a intensidade do impacto conforme os parâmetros expostos no quadro 5.

Quadro 2: Critérios para pontuação da Magnitude dos impactos ambientais. Fonte: Oliveira e Freitas, 2011.

Magnitude	Critério	Avaliação
Baixa	Impacto desprezível/restrito ao local de ocorrência, reversível com ações imediatas, sem possibilidade de danos pessoais.	1
Média	Impacto considerável ao local de ocorrência, reversível com ações mitigadoras, com danos pessoais reversíveis.	2
Alta	Impacto de grande extensão e/ou consequência irreversíveis, mesmo com ações mitigadoras, com danos pessoais irreversíveis.	3

Quadro 3: Critérios para pontuação da Frequência dos impactos ambientais. Fonte: Oliveira e Freitas, 2011.

Frequência	Critério	Avaliação
Baixa	Impacto improvável de ocorrer.	1
Média	Impacto provável de ocorrer.	2
Alta	Impacto esperado que ocorra.	3

Quadro 4: Critérios para pontuação da Detecção dos impactos ambiental. Fonte: Oliveira e Freitas, 2011.

Detecção	Critério	Avaliação
Baixa	Detecção imediata e iniciativas da empresa são suficientes para evitar que o impacto ocorra.	1
Média	Detecção imediata e iniciativas da empresa são suficientes para conter e/ou reduzir o impacto.	2
Alta	Detecção imediata sem iniciativas da empresa ou estas não são suficientes para evitar, conter ou reduzir o impacto.	3

Quadro 5: Escala de análise do impacto organizacional. Fonte: Adaptado de Oliveira e Freitas, 2011.

Intensidade do impacto org.	Varição do impacto org.
Baixo	$(1 \leq IA \leq 3,9)$
Médio	$(4 < IA \leq 6,9)$
Alto	$(7 \leq IA \leq 9)$

A proposta de Vandenbrande (1998) bem como o trabalho de Andrade (2000) trazendo o ECO - FMEA serviu para a inspiração e embasamento para diversos estudos no contexto brasileiro no que tange a setores e atividades econômicas geradoras de impactos ambientais significativos. Wenceslau e Rocha (2012), que objetivou utilizar o ECO - FMEA como suporte para a identificação dos aspectos e impactos ambientais em uma agroindústria e Arroz. Este estudo mostrou que de maneira geral, os levantamentos realizados, não apresentaram problemas ambientais graves e nem sérios comprometimentos à saúde dos funcionários, o que se pode observar foi que alguns investimentos são necessários para a melhoria da eficiência do processo produtivo neste contexto.

Soares *et al* (2013), utilizaram a metodologia FMEA como método para a avaliação do risco ambiental em uma lavanderia localizada na região de Natal-PB. Segundo estes autores, o método avaliativo dos aspectos e impactos ambientais do FMEA permitiu verificar que o alto consumo de energia e água (inerentes a atividade desenvolvida), ocasionam um impacto relevante para a sociedade local, bem como a contaminação do solo e do lençol freático devido a mistura de componentes químicos (sabão, detergente, branqueadores, cheiros e etc) na água, onde estes são descartados no meio ambiente, sem devido tratamento. O estudo ainda permitiu concluir que a grandeza dos impactos ambientais não ficam limitadas somente as maiores e conhecidas empresas, visto que, foi possível detectar na empresa estudada (empresa de pequeno porte), um significativo impacto diante do meio ambiente local, que com o passar do tempo pode devido a sua intensificação, reduzir os recursos naturais existentes, afetando assim todos os organismos vivos.

Outra aplicação do método FMEA com a finalidade de analisar aspectos e impacto ambientais foi feita por Bôas e Peres (2014) no processamento de queijos em um laticínio na da região de Ingai – MG. Este estudo demonstrou que a empresa estudada possui iniciativas para redução e controle dos impactos ambientais identificados no processo analisado demonstrando que a empresa está no direcionamento correto quanto a implantação de um sistema de gestão ambiental.

Por fim destaca-se ainda o estudo realizado por Cerezini *et al* (2016), o qual apresenta uma aplicação da ferramenta FMEA na avaliação de impactos ambientais em uma instituição de ensino situada na cidade de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo. O referido estudo, apontou as principais falhas nas atividades que causam impactos ao meio ambiente e dificultam a gestão ambiental na instituição em questão; bem como indicou diretrizes e ações a serem implantadas para melhoria do gerenciamento ambiental, tais como o armazenamento e descarte correto de lâmpadas fluorescentes, produtos químicos e demais resíduos gerados.

Neste contexto, os estudos apresentados demonstram a viabilidade, aplicabilidade e contribuição do uso da ferramenta FMEA, ou ECO-FMEA para a análise dos aspectos e impactos ambientais nos mais diversos tipos de empresas. Contudo, tendo em vista a FMEA e a necessidade de identificação e análise de impactos ambientais na produção de embalagens flexíveis, em seguida, apresentam-se os aspectos metodológicos utilizados nesta pesquisa.

METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como exploratória e descritiva. Exploratória uma vez que busca alcançar o conhecimento sobre a problemática pesquisada, diante da necessidade de aprofundamento da teoria para atender o objetivo proposto em um estudo (VERGARA, 2000) e descritiva por através da aplicação de um modelo buscar e descrever as características de determinada população ou fenômeno, bem como estabelecer correlações entre variáveis e definir sua natureza, sem o compromisso de explicá-los (VERGARA, 2000).

Diante do objetivo proposto, optou-se como método o estudo de caso, que é uma forma de fazer pesquisa investigativa de fenômenos atuais dentro de seu contexto real, em situações em que as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não estão claramente estabelecidos (YIN, 2005). O caso escolhido foi a empresa AlfaFlex (nome fictício), atuante no segmento de embalagens flexíveis em Campina Grande-PB. A escolha da cidade de Campina Grande – PB, bem como a empresa foco do estudo AlfaFlex, deu-se pelo fato das empresas de embalagens flexíveis se destacarem na localidade pelo seu porte e volume de produção; e pela disponibilidade de dados para a devida operacionalização da pesquisa.

A empresa AlfaFlex fornece embalagens flexíveis para todo o Brasil, tendo como grande foco o mercado da região Nordeste. A indústria produz filmes impressos laminados ou monocamadas nos mais diversos substratos (Polietileno-PE, Polipropileno-PP, Polipropileno biorientado-BOPP, poliéster, alumínio, nylon, celofane dentre outros); rótulos manga, rollabelem BOPP, rollabel autoadesivo; sacolas e sacaria industrial (sacos wicket, sacos de fraldas, stand up pouches para todas as aplicações; e qualquer tipo de embalagens plásticas flexíveis). Conta com mais de 200 clientes cadastrados em carteira dos quais, algo em torno de 60, efetuam contatos comerciais mensais. Dispõe de uma estrutura 3000 metros quadrados, dividida da seguinte forma: dois banheiros, cinco escritórios, almoxarifado, refeitório, casa de tintas, área de produção e estocagem do produto acabado. No que tange as questões de ambiental, a empresa possui licença para realização de suas atividades, contudo não possui programas internos específicos que sejam focados na prevenção de impactos de suas atividades ao meio ambiente, limitando-se as iniciativas de controle de poluição e destinação correta dos resíduos gerados por suas atividades produtivas.

Diante do foco da presente pesquisa, foram coletados dados primários e secundários. Para a coleta de dados em fontes primárias, optou-se pelo uso de entrevista semiestruturada e observação não participante através de visitas técnicas. No que tange as entrevistas, estas foram realizadas com o diretor-presidente da empresa AlfaFlex, o principal responsável pelas seguintes áreas da empresa: produção, financeiro, administrativo, vendas, gestão ambiental e outras que sejam considerados importantes para o entendimento do funcionamento da organização como todo. Esta foi realizada com a finalidade de complementar as informações obtidas nas visitas realizadas na empresa e os dados secundários relacionados ao segmento, permitindo um cruzamento entre os dados obtidos na entrevista com os coletados nas visitas e na literatura. O entrevistado acompanhou todo procedimento da empresa desde a sua fundação, e é o indivíduo a quem se deve referir como fonte de contato direto sobre todos os assuntos da AlfaFlex. O entrevistado possui bastante conhecimento sobre a indústria de embalagens flexíveis além de possui graduação em engenharia de produção e especialização em administração estratégica.

No que tange a entrevista, destaca-se ainda o fato que o conteúdo coletado pelo roteiro semiestruturado foi a respeito da identificação e descrição das atividades desenvolvidas pela empresa e a identificação, análise e mensuração dos impactos causados por esta. Quanto à observação não participante foi escolhida como técnica,

devido o fato de possibilitar a identificação in loco de fatores importantes para o estudo, tais como: identificação e descrição das etapas do processo produtivo, ambiente físico e instalações do empreendimento, resíduos gerados pelas atividades desenvolvidas, gerenciamento dos resíduos, atitudes que podem gerar risco no ambiente de trabalho, etc. A observação não participante ficou a cargo da pesquisadora, com guia de visitas técnicas pelas áreas da empresa feito pelo diretor presidente da organização estudada, com a duração de 2h para cada visita, salientado que ao todo foram feitas quatro visitas a organização. A coleta de dados na empresa deu-se período de 01 de novembro/ 06 dezembro de 2013. Para a coleta de dados em fontes secundárias, foram utilizados: relatórios, artigos, e estudos realizados no segmento de embalagens flexíveis, além de documentos, relatórios resultantes de fiscalização existentes na empresa, licenças ambientais, relatórios, entre outros.

Na análise dos dados, os procedimentos adotados foram qualitativos e quantitativos. Qualitativos no que tange a descrição das atividades da organização e identificação dos aspectos e impactos ambientais; e quantitativo no que tange a mensuração e análise dos impactos ambientais através do ECO-FMEA no período atual da pesquisa. Nesse sentido, o presente estudo adotou a metodologia proposta por Andrade (2000), a qual contempla o processo prático do FMEA, especificadamente nas etapas 5, 6, 7, 8, e 9. Devido à amplitude desse instrumento e ao foco do presente estudo, procedeu-se à aplicação dessas cinco etapas.

É importante salientar que na nona etapa são calculados os índices de criticidade, que permitem avaliar a magnitude, frequência e a detecção do impacto, bem como classificá-los, por meio do Índice de Risco Ambiental (IRA) quanto ao risco destes na realização das respectivas atividades relacionadas. No presente o formulário de identificação e avaliação dos impactos ambientais consta no levantamento de cada atividade executada pela empresa e os aspectos ambientais inerentes e seus respectivos impactos, bem como, as causas potenciais de impactos. Na fase de avaliação, cada atividade identificada é avaliada pelos parâmetros: Magnitude (M), Frequência (F), e Grau de detecção (D), cuja a multiplicação resulta como produto o Índice de Risco Ambiental (IRA), estes parâmetros são avaliados conforme o exposto no quadros, 2, 3 e 4 (página 5). Posteriormente, a partir do IRA encontrado se calcula a intensidade do impacto conforme os parâmetros expostos no quadro 5(página 5).

Salienta-se que na presente pesquisa o formulário do FMEA foi aplicado para as atividades de produção e administração separadamente, com a finalidade de identificar e analisar os impactos ambientais causados pelas atividades desenvolvidas na empresa foco do estudo. O cálculo da intensidade dos impactos ambientais ocasionados pelas atividades do processo produtivo deu-se por meio de uma média aritmética do IRA referente a cada um dos impactos ambientais identificados na setor de produção, o mesmo procedimento foi adotado para cálculo da intensidade dos impactos ambientais oriundos das atividades administração. Contudo, para cálculo do impacto ambiental geral da organização uniu-se estas análises e assim pode-se obter um IRA final, que foi resultado da média ponderada do IRA dos impactos relacionados as atividades de produção (70% de representatividade) e do IRA dos impactos relacionados as atividades de administração (30%), o qual é calculado a intensidade com base na seguinte escala apresentado no quadro 4. Uma vez explicitados os aspectos metodológicos que deram suporte à pesquisa, a seguir serão apresentados e analisados os dados obtidos.

RESULTADOS

Identificação e análise do Impacto Ambiental da Empresa AlfaFlex.

O impacto ambiental da empresa AlfaFlex é calculado através do ECO-FMEA, o qual permitiu a identificar, avaliar e mensurar os aspectos e impactos ambientais gerados pela empresa. Os aspectos e impactos ambientais foram identificados nas etapas de produção e nas demais atividades da empresa no que tange as suas dependências (escritórios, banheiros e refeitório). Os impactos identificados foram analisados a fim de se obter a intensidade dos impactos como todo. Os tópicos a seguir descrevem a aplicação do formulário do FMEA, para cada setor da empresa a ser estudado (produção e demais dependências), identificando no final da análise o impacto ambiental gerado pela AlfaFlex como todo.

O processo produtivo de fabricação dos filmes impressos e embalagens flexíveis da empresa AlfaFlex consiste em nove etapas como mostra o fluxograma disposto na Figura 2, contado um processo terceirizado que é a extrusão.

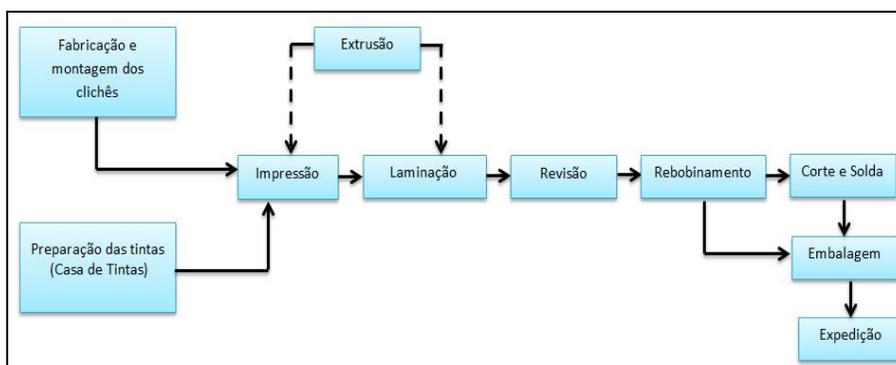


Figura 2: Elaboração própria a partir de dados da pesquisa, 2013.

Com base na Figura 2, buscou-se a identificação e análise dos impactos causados etapas do processo produtivo desenvolvidas na Empresa AlfaFlex, à luz do ECO-FMEA. Com base nos dados obtidos sobre as etapas do processo produtivo, e seus respectivos impactos, gerou-se um formulário do FMEA para uma análise quantitativa destes. Neste sentido, o formulário evidencia as etapas do processo produtivo; os aspectos ambientais relevantes de processo; o impacto gerado; a potencial causa; intensidade do impacto e as formas de controle atuais, adotadas pela empresa. A análise quantitativa é feita através dos índices de criticidade: M – magnitude, F- frequência, D – Grau de detecção e IRA – Índice de Risco Ambiental, conforme o referenciado por Oliveira e Freitas (2011). Vale a pena salientar que para cada um dos impactos identificados na etapa foco se apresenta um IRA, que é resultante do somatório dos índices de criticidade que são atribuídos a cada impacto. Destacando o fato de que a atribuição dos índices de criticidade é dada pelo pesquisador com base nas informações obtidas na coleta de dados. Sendo assim, tendo-se como o resultado apresentado o IRA, este é classificado como um impacto alto, médio ou baixo (intensidade). Para tanto o quadro 6, apresenta o formulário do ECO-FMEA aplicado a produção da empresa as etapas que foram diagnosticados impactos significativos AlfaFlex.

Quadro 6: Formulário do FMEA aplicado a produção da AlfaFlex. Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

Etapas do processo	Identificação			Avaliação			Total(IRA)	Intensidade	Forma atual de controle
	Aspectos ambientais	Impactos	Causa Potencial	M	F	D			
Preparação das tintas (Casa de tintas)	Geração de resíduos; manipulação de substâncias agressivas (solventes).	- Geração de resíduo sólido (galões de tinta vazios, restos de tintas inapropriadas ao uso);	- Inerentes ao processo;	2	3	1	6	Médio	-Sinalização de inflamável; -Disponibilidade e fiscalização do uso de EPI; - Treinamento interno;
		- Emissões gasosas(atmosfera explosiva, inalação humana)	- Evaporação do acetato de etila, durante o preparo da tinta.	2	3	2	7	Alto	-Resíduos destinados a tratamento de empresa terciarizada.

Impressão	Geração de resíduos;	- Geração de resíduo sólido(filme impresso de má qualidade, aparas)	Falha da máquina de impressão; falta de manutenção do equipamento ; falha do operador da máquina.	2	3	2	7	Alto	- Manutenção preventiva periódica das máquinas; - Treinamento interno dos operadores; - disponibilidade de fiscalização do uso de EPIs; - Venda das aparas para empresa recicladora.			
	Consumo de energia;			- Alto consumo de energia.	3	3	2			8	Alto	
	Consumo de matéria-prima;			- Desperdício de tinta, filme, e energia (com a geração de rejeito);	Geração de rejeito)	2	3			2	7	Alto
	Emissões gasosas			- Emissões gasosas.	Evaporação do acetato de etila.	2	3			2	7	Alto
Extrusão (estocagem de filme extrusado)	Desperdício de matéria-prima	Desperdício de matéria-prima (danificação do filme)	Má manipulação e forma de estocagem inadequada	1	1	2	4	Médio	- Disponibilidade de um espaço adequado e manuseio com auxílio de empilhadeiras.			
Laminação	Geração de resíduos;	- Geração de resíduo sólido(filme impresso de má qualidade, aparas)	Falha da máquina de laminação; falta de manutenção do equipamento ; falha do operador da máquina.	2	3	2	7	Alto	-Manutenção preventiva periódica das máquinas; - Treinamento interno dos operadores; - disponibilidade de fiscalização do uso de EPIs; - Venda das aparas para empresa recicladora.			
	Consumo de energia;			- Alto consumo de energia.	3	3	2			8	Alto	
	Consumo de matéria-prima;			- Desperdício de tinta, filme, e energia (com a geração de rejeito);	Geração de rejeito	2	3			2	7	Alto
	Emissões gasosas			- Emissões gasosas.	Evaporação do solvente aplicado ao adesivo de laminação.	2	3			2	7	Alto

Revisão	Geração de resíduos;	Descarte do Filme impresso laminado ou não com falhas.	Inerente do processo, visto que a finalidade deste é o controle de qualidade.	2	3	2	7	Alto	- Manutenção preventiva periódica da revisora; - Venda das aparas para empresa recicladora
	Consumo de energia;								
	Consumo de matéria-prima;	Alto consumo de energia	Falta de manutenção do equipamento	3	3	2	8	Alto	
		Desperdício de matéria prima	Inerente do processo	2	3	2	7	Alto	
Rebobinamento	Geração de resíduos;	Geração de resíduos	Inerente do processo de rebobinagem	2	3	2	7	Alto	Manutenção preventiva periódica da revisora; - Venda do resíduo para empresa recicladora
	Consumo de Energia.	Alto consumo de energia	Falta de manutenção do equipamento	3	3	2	8	Alto	
Corte e solda	Geração de resíduos;	Geração de resíduos	Falha da máquina de corte e solda; falta de manutenção do equipamento ; falha do operador da máquina.	2	3	2	7	Alto	Manutenção preventiva periódica das máquinas; - Venda do resíduo para empresa recicladora
	Consumo de Energia.	Alto consumo de energia	Falta de manutenção do equipamento	3	3	2	8	Alto	
	Consumo de matéria-prima	Desperdício de matéria prima	Geração de rejeito	2	3	2	7	Alto	

É importante destacar que no quadro 6, as etapas do processo denominadas de fabricação e montagem dos clichês, bem como a embalagem e expedição não foram contempladas em vista destas não apresentarem impactos significativos para o referido estudo. Uma vez aplicado o formulário, pode-se verificar a intensidade do impacto ambiental do processo produtivo da empresa AlfaFlex por meio de uma média aritmética do IRA (índice de risco ambiental) encontrado para cada impacto. Neste sentido, verifica-se que o IRA do processo produtivo da empresa estudada é de 7,05 classificando do que impacto ambiental gerado pelo processo produtivo da empresa estudada é de Alto, ou seja, alta intensidade. Ainda destaca-se que no processo de produção da empresa nos impactos identificados não foram diagnosticados impactos de baixa intensidade.

Com base nos dados coletados justifica-se que a intensidade do impacto do processo produtivo é alta devido a alto nível de geração de resíduos (aparas) que é equivalente de 4% a 5% do volume total produzido pela empresa, que por sua vez gera um aumento no consumo dos recursos de produção devido o desperdício; e alto consumo de energia das máquinas do processo produtivo de que chegam a consumir por mês Aprox., 40.000

KWh. Por fim uma vez conhecido a intensidade do impacto ambiental do processo produtivo da empresa estudada (7,05 - alto), para fins do presente estudo calcula-se a seguir a intensidade dos impactos das demais atividades da organização.

Quanto aos impactos gerados pelas demais atividades da organização é importante destacar que além do setor de produção a Alfalex dispõe de cinco escritórios, um refeitório e dois banheiros. A identificação e análise dos impactos ambientais oriundos das demais atividades da organização está disposto no quadro 7.

Quadro 7: Formulário do FMEA aplicado as demais dependências. Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

Dependências	Identificação			Avaliação			Total(IRA)	Intensidade	Forma atual de controle
	Aspectos ambientais	Impactos	Causa Potencial	M	F	D			
Escritório	Geração de resíduo sólido reciclável	Destinação incorreta e possível mistura com outros tipos de materiais.	Falta de mecanismos que permitam a separação do material	1	3	2	6	Médio	Resíduos são destinados a coleta publica sem segregação.
	Disposição incorreta do resíduo orgânico	Possível mistura	Falta de mecanismos que permitam a separação do material	1	3	2	6	Médio	
	Consumo de energia	Desperdício de recursos	Utilização inadequada dos computadores e ar condicionado; Geração tecnológica dos equipamentos usados	2	1	2	4	Médio	Não possui controle intensivo do uso de energia.
	Consumo de bens materiais.	Geração de resíduos	Desperdício	1	3	1	4	Médio	Controle do consumo de bens materiais.
Refeitório	Manuseio de materiais orgânicos	Geração de resíduos orgânicos	Disposição destes resíduos e lixeira específica	1	2	1	4	Médio	Disposição a coleta pública.
	Consumo de energia	Desperdício de recursos	Falta de Informação e atenção	1	1	1	3	Baixo	Controle do uso de energia e água não de forma intensiva.
	Consumo de água	Desperdício de recursos	Falta de conscientização	1	1	1	3	Baixo	
Banheiros	Resíduos sólidos da lixeira	Geração de resíduos	Falta de recolhimento com maior frequência	1	2	1	4	Médio	Limpeza periódica uma vez por dia;

	odores	Desconforto dos usuários	Deficiência na circulação do ar, e frequência de limpeza	1	1	1	3	Baixo	Uso controlado; Ambiente com entrada de ar.
	Consumo de energia	Desperdício de recursos	Falta de conscientização	2	2	3	7	Alto	Não possui controle.
	Consumo de água	Desperdício de recursos	Falta de conscientização	3	3	3	9	Alto	Não possui controle.
	Consumo de bens materiais	Desperdício de recursos	Controle de uso	2	1	1	4	Médio	Controle do consumo.

Uma vez aplicado o formulário, pode-se verificar a intensidade o impacto ambiental das demais dependências da empresa AlfaFlex por meio de uma média aritmética do IRA (índice de risco ambiental) encontrado para cada impacto. Neste sentido, verifica-se que o IRA das demais atividades desempenhadas na empresa estudada é de 4,75 classificando como impacto ambiental Médio, ou seja, de média intensidade. O fato das atividades desempenhadas nas demais áreas da organização apresentarem impacto de média intensidade, justifica-se pelo fato de apenas o impacto de desperdício de recursos (água e energia -banheiros) se apresentar como alto.

Destaca-se ainda que este impacto poderia ser reduzido se a empresa adota-se medidas de controle e conscientização do uso junto aos funcionários da empresa que são os usuários destes recursos. Sabendo-se que as atividades de produção possuem vários impactos em cada etapa, bem como as atividades das demais dependências da empresa; o cálculo do impacto ambiental (intensidade) da organização é resultado da média ponderada do IRA dos impactos relacionados as atividades de produção (70% de representatividade) e do IRA dos impactos relacionados as atividades de administração (30%). Neste sentido, uma vez aplicado este média ponderada obteve-se como resultado o IRA geral 6,37 classificando o impacto ambiental da organização como médio, ou seja, de média intensidade. Após de apresentados e analisados os dados coletados, a seguir são feitas conclusões a cerca do estudo.

CONCLUSÕES

Diante do objetivo proposto, a análise dos impactos ambientais a partir do método FMEA permitiu verificar o nível de intensidade o impacto ambiental do processo produtivo da empresa, que foi classificado como é alto por apresentar um Índice de Risco Ambiental - IRA igual a 7,05. No que tange a intensidade o impacto ambiental das demais dependências da empresa AlfaFlex este foi classificado como médio impacto ambiental uma vez que apresentou um IRA de é de 4,75. ; o cálculo do impacto da organização é resultado da média ponderada do IRA relacionado ao processo produtivo e do IRA relacionado as demais dependências da organização, resultando como IRA geral 6,37 classificando o impacto ambiental da organização como médio, ou seja de média intensidade. Com base nos dados analisados pode-se concluir que o que levou a empresa AlfaFlex a apresentar um médio nível impacto ambiental ,ou seja um IRA 6,37 foi principalmente o fato da mesma buscar a redução/controle dos seus impactos ambientais por meio de ações de fim-de-tubo, em especial no que tange aos impactos relacionados as atividades do processo produtivo. As ações de fim-de-tubo identificadas na empresa estudada foram: pagamento a empresa terceirizada para tratamento dos galões de tinta vazios e restos de tintas inapropriadas para o uso; e venda de aparas (que são geradas em 6 das 7 etapas do processo produtivo) para empresa de reciclagem.

Para a redução dos impactos ambientais da organização, , tem-se a necessidade de maiores iniciativas nos impactos ambientais gerados pelo processo produtivo, visto que estes apresentam como alto (7,05). Analisando os impactos identificados e mensurados pela aplicação do ECO-FMEA, sugere-se que para a redução desta intensidade de alto impacto ações nos impactos que se repetem com frequência ao longo do processo produtivo: alto consumo de energia (verificado em 5 das 7 etapas do processo produtivo); e geração de resíduos, aparas que levam ao desperdício de matéria-prima como filme, tinta e energia empregada em sua produção(verificado em 6 das 7 etapas do processo produtivo); e emissões gasosas (verificado em 3 das 7 etapas do processo produtivo). Como ações neste sentido recomenda-se: treinamento externo para os funcionários, a fim de reduzir falhas que levem a geração de aparas (visto que estas são geradas em grande volume ao longo do processo de fabricação da empresa AlfaFlex, e tal

iniciativa agiria na fonte geradora do problema); redução do consumo de energia através e alternativas tecnológicas; utilização de solventes a base de produtos não agressivos; entre outras alternativas.

Pertinente aos impactos causados pelas demais atividades da empresa, estes foram classificados como médio (4,75), ou seja, de média intensidade. Para diminuir a intensidade destes impactos sugere-se que a empresa: disponibilize lixeiras para coleta seletiva de materiais no escritório, o que permitirá a separação do que se é reciclável; destinação do lixo reciclável para reciclagem; criação de um programa de conscientização, com objetivo de mostrar a importância da redução do consumo de água e energia (banheiros), bem como da separação do lixo; e efetuar diariamente duas limpezas no banheiro; e instalação de torneira com sensores, principalmente nos banheiros para evitar que funcionários deixem a mesma aberta como o relatado pelo diretor-presidente durante a coleta de dados.

Por fim, o presente estudo contribui para a disseminação da avaliação de impacto ambiental nas empresas do setor e serve como base para que estas possam conhecer os impactos gerados por suas atividades. Outra contribuição é que a utilização do método FMEA promove a possibilidade de constante avaliação do risco ambiental e a adoção de ações para mitigá-lo, o que conduzirá a organização à melhoria de seus processos e acompanhamento de melhoria por meio da mensuração dos índices de criticidade. Ressalva-se que o presente estudo apresenta como limitações o fato o método FMEA ser um método dedutivo, podendo assim variar os resultados de acordo com o ponto de vista do pesquisador, além de se restringir as conclusões deste; e por se tratar de um estudo de caso único o qual não pode representar a realidade as indústrias de embalagens da região como um todo. Neste sentido, sugere-se que trabalhos futuros sejam realizados neste contexto, com equipes multidisciplinares (visão ampla) e em outras indústrias deste setor localizadas na mesma região a empresa estudada, a fim de mapear os impactos ambientais gerados por estas na localidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABIEF. Associação Brasileira da Indústria de Embalagens Plásticas Flexíveis. Disponível em: <http://www.abief.com.br/>. Acesso em 16 junho, 2013.
2. Andrade, M.R.S; Turrioni, J.B. **Uma metodologia de análise dos aspectos e impactos ambientais através do FMEA**. XX Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, 2000, USP/ POLI-SP.
3. Barasuol, Bueno Robson et. al. **FMEA - Uma Abordagem Simplificada**. XXI Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia – CRICTE, 2006, Petrópolis.
4. Barbosa, C. M; Farias, A. S. D. **Análise do processo de uma empresa produtora de embalagens flexíveis à luz dos princípios da Produção mais Limpa**. IXV Encontro Internacional sobre Gestão e Meio Ambiente - ENGEMA, 2013, São Paulo - SP.
5. BÔAS, Renata de Nazaré Vilas; PERES, Alexandre de Paula. **Análise dos aspectos e impactos ambientais através da utilização do método FMEA em um laticínio na região de Ingaí –MG**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, v.10, n.18, p. 269-277, 2014.
6. Cabral, *et al.* **Modelo de gestão da sustentabilidade de empresas fabricantes de embalagem**. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, 2009, Salvador - BA.
7. Cerezini et al. **Avaliação dos aspectos e impactos ambientais em uma instituição de ensino com o uso da ferramenta FMEA**. Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade v. 11 n. 1, p.3-12, 2016.
8. Donaire, Denis. **Gestão Ambiental na Empresa**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
9. Instituto De Embalagens. **Embalagens Flexíveis**. Instituto das Embalagens, 2009.
10. Maciel, D. S.C.; Freitas, L. S. **Mensuração do nível de produtividade verde das organizações industriais: uma proposta de métrica**. XV Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente - ENGEMA, São Paulo, 2013.
11. Queiroz, Abílio J.P. et al. **Análise de impactos ambientais causados na produção de embalagens flexíveis**. 3º Simposio Iberoamericano de Engenharia de Resíduos e 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólidos, Anais, João Pessoa – PB, 2005.
12. Soares. et al. **O FMEA como método de avaliação do risco ambiental: estudo de caso em uma lavadeira na região de Natal-RN**. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP, Salvador, 2013.

13. Vandenbrande, W. W. **How to use FMEA to reduce the size of your quality toolbox.** Quality Progress. v.31, n.11, 1998, p. 97-100.
14. Vergara, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 3. ed. - São Paulo: Ed. Atlas, 2000.
15. Yin, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos.** Tradução de Daniel Grassi. 3a ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.