



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS DE CAMPINA GRANDE
Centro de Ciências e Tecnologia
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental

PABLO LUIZ FERNANDES GUIMARÃES

INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA – ANÁLISE DE RISCO
AMBIENTAL

CAMPINA GRANDE
NOVEMBRO / 2011

PABLO LUIZ FERNANDES GUIMARÃES

**INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA – ANÁLISE DE RISCO
AMBIENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Professora Mestre Ruth Silveira do Nascimento.

CAMPINA GRANDE
2011

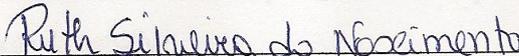
PABLO LUIZ FERNANDES GUIMARÃES

INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA – ANÁLISE DE RISCO AMBIENTAL

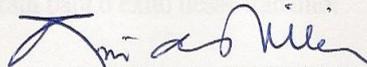
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

MONOGRAFIA APROVADO EM: 17/11/2011.
NOTA 10,0 (dez virgula zero)

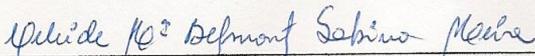
BANCA EXAMINADORA



Professora Mestre Ruth Silveira do Nascimento
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/ UEPB
Orientador



Professor Dr. Rui de Oliveira
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/ UEPB
Examinadora



Professora Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/ UEPB
Examinadora

AGRADECIMENTOS

A Deus, por proporcionar condições adequadas para o desenvolvimento das minhas atividades.

À minha família, por sempre ter me dado apoio incondicional na minha formação profissional.

Aos meus colegas do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Abílio, Igor, Emanuel, Franklin, Narcísio, Cássio, Lucas, Elder, Herculy, Elenilson, Kalina, Flávia e Laíse, com os quais dividi momentos de aprendizado e lazer.

A Igor, Cayo, e Juscelino, pelas opiniões e habilidades indispensáveis para a conclusão desse trabalho.

A minha orientadora Ruth Silveira do Nascimento, pelos conhecimentos transmitidos, pela atenção, paciência e disponibilidade de tempo para desenvolvimento do trabalho.

Aos professores Rui e Celeide, por terem aceitado participar da minha banca e me apoiarem na execução do trabalho.

E a todos que contribuíram para o êxito desse trabalho.

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de analisar o risco ambiental do processo produtivo da indústria sucroalcooleira. O objeto de trabalho foi uma indústria canavieira localizada na cidade de Goianinha, Rio Grande do Norte. Uma visita foi realizada em maio de 2010 durante a entressafra da indústria, caracterizada por ser uma unidade mista, ou seja, produz açúcar e álcool. Realizou-se uma análise exploratória através da revisão a partir da literatura especializada abordando os temas relacionados às atividades da indústria canavieira e análise de risco. A análise de risco ambiental aplicada fundamentou-se nas etapas de avaliação de risco, gerenciamento de risco e comunicação de risco. Na avaliação de risco foi utilizada a metodologia Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA) desenvolvida pelas etapas de planejamento, elaboração, discussão e preenchimento do formulário FMEA e hierarquização dos riscos. O plano de gerenciamento e comunicação foi baseado em bibliografias especializadas. A avaliação de risco ambiental mostrou que o maior risco é o processo de geração de energia seguido da limpeza da cana com queimadas, armazenamento de palha e bagaço, fertirrigação com vinhaça, tratamento para açúcar e álcool, lavagem da cana e evaporação, cozimento, secagem e destilação. No gerenciamento foi elaborado um formulário para verificar a viabilidade da implantação de um Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA) depois foram propostos planos de monitoramento e controle dos resíduos para cada risco analisado. Na comunicação foram listados veículos de comunicação interna e externa. A análise de risco se mostrou satisfatória para o processo analisado, principalmente pela aplicação do método FMEA na avaliação de risco.

Palavras-chave: Indústria sucroalcooleira. Análise de Risco Ambiental. Metodologia FMEA. Gerenciamento de risco ambiental. Comunicação de Risco Ambiental.

ABSTRACT

The present work aims to analyze the environmental risk of the production process of the sugar industry. The work object was a sugar cane industry in the city of Goianinha, Rio Grande do Norte. A visit was made in May 2010 during the offseason in the industry, characterized as a mixed unit, in other words, sugar and ethanol. We conducted an exploratory analysis by reviewing the literature from that addressed issues related to the activities of the sugarcane industry and risk analysis. The environmental risk analysis applied was based on the steps of risk assessment, risk management and risk communication. In the risk assessment methodology was used Analysis of Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) developed by the planning, preparation, discussion and complete the form FMEA and ranking risks. The management plan and communication was based on specialized bibliographies. The environmental risk assessment showed that the greatest risk is the process of power generation followed by cleaning sugarcane with burning, storage of straw and bagasse, fertigation with vinasse, sugar and alcohol treatment, washing and evaporation of the cane, cooking, drying and distillation. Management was prepared in a form to verify the feasibility of implementing an Environmental Management System (EMS) after plans have been proposed for monitoring and control of waste for each risk analysis. The Communication vehicles listed internal and external communication. The risk analysis showed to be satisfactory for the process analyzed, mainly by applying the method FMEA in risk assessment.

Keywords: Sugarcane Industry. Environmental Risk Analysis. FMEA methodology. Management of environmental risk. Environmental Risk Communication.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma do Processo produtivo do açúcar e do álcool.....	14
Figura 2 - Armazenamento inadequado do bagaço da cana.....	18
Figura 3 - Localização da cidade de Goianinha.....	24
Figura 4 - Procedimento geral de monitoramento.....	34
Figura 5 - Local e variáveis de monitoramento.....	35
Figura 6 - Controle de resíduos.....	36
Figura 7 - Comunicação de risco.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formulário FMEA.....	26
Tabela 2 - Formulário FMEA preenchido.....	30
Tabela 3 - Hierarquização dos perigos.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivo Geral.....	13
2.2 Objetivos Específicos.....	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
3.1 Indústria Sucroalcooleira.....	14
3.2 Impactos Ambientais.....	14
3.2.1 Setor Agrícola.....	16
3.2.2 Setor Industrial.....	17
3.3 Análise de Risco Ambiental.....	20
3.4 Método FMEA.....	21
3.5 SGA ISO 14000.....	23
4. METODOLOGIA.....	25
4.1 Levantamento Bibliográfico.....	26
4.2 Metodologia FMEA.....	26
4.3 Metodologia de gerenciamento e comunicação.....	28
5 RESULTADOS.....	29
5.1 Resultado do Formulário FMEA.....	29
5.2 Plano de Gerenciamento e Comunicação.....	32
6. CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
ANEXO A – Tabela de escore para um FMEA de processos de empresas de São Carlos - SP.....	41

1 INTRODUÇÃO

Na década de 1980 o Brasil se tornou o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, tal posição se deve à implantação, pelo governo brasileiro, do PROÁLCOOL, um programa que incentiva o cultivo da cana-de-açúcar para geração de energia através do álcool combustível, com o propósito de superar os efeitos da crise de abastecimento de petróleo em 1973 e a Guerra entre Irã e Iraque 1979 (LIMA, 2010).

A indústria canavieira foi ainda mais fortalecida ante a preocupação mundial com meio ambiente em busca de novas fontes de energia renováveis, como resultados comprovadores de tal avanço temos segundo a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), uma área de cana-de-açúcar colhida destinada à atividade sucroalcooleira estimada em 8.167,5 mil hectares, uma previsão do total de cana que será moída na safra 2010/11 é de 651.514,3 mil toneladas e de acordo com a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), uma geração de energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar de 5.957.146 KW correspondente a 5% da produção total de energia.

Apesar da intenção de substituir os combustíveis de fontes não renováveis e assim preservar o meio ambiente foi observado que os processos e subprodutos da indústria sucroalcooleira, como a monocultura, queimadas, emissão de gases e materiais particulados e efluentes potencialmente nocivos, quando não executados ou tratados, de maneira adequada podem causar prejuízos ao meio ambiente e aos seres humanos.

Para que esta ideia de energia renovável seja efetivamente consolidada se faz necessário garantir que todos os processos e subprodutos da produção estejam em sinergia com o meio ambiente, podendo ser alcançado com o melhoramento contínuo dos processos e o gerenciamento dos resíduos industriais através da implantação de Sistema de Gestão Ambiental (SGA).

Um SGA provê ordenamento e consistência para que as organizações abordem suas preocupações ambientais, através da alocação de recursos, definição de responsabilidades e avaliação contínua de práticas, procedimentos e processos. A gestão ambiental é parte integrante do sistema de gestão global de uma organização. A concepção de um SGA é um processo dinâmico e interativo. A estrutura, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para a implementação de políticas, objetivos e metas ambientais podem ser coordenados com os esforços existentes em outras áreas (por exemplo: operações, finanças, qualidade, saúde ocupacional e segurança no trabalho) (ABNT, NBR ISO 14004 de 1996).

A qualidade ambiental e os riscos constituem-se em uma das mais importantes preocupações da sociedade moderna. Os elementos motivadores dessa priorização são o impacto potencial do desenvolvimento tecnológico e as mudanças no estilo de vida e também o aumento da percepção para os perigos à saúde e à segurança. A análise de riscos, embora possa ser complexa, é uma ferramenta muito importante para identificar os pontos vulneráveis de uma instalação e de um processo, permitindo adotar antecipadamente aquelas medidas preventivas que irão proteger o meio ambiente e o homem, na eventualidade de um acidente (ARAUJO, 2001).

A análise de risco é uma ferramenta muito importante que pode ser empregada em todas as etapas de um SGA, principalmente se aplicada continuamente, desde a adoção de uma política ambiental até análise da eficácia das medidas mitigadoras adotadas, melhorando a confiabilidade dos produtos e processos de uma organização. Também pode ser utilizada como subsídio para elaboração de documentos como EIA, RIMA, licenciamento, certificação ambiental e adequação a requisitos de legislações.

Portanto, baseado nos conceitos no qual se fundamenta a análise de risco, este trabalho analisou o risco ambiental de uma indústria sucroalcooleira. Através da identificação dos perigos, seus efeitos no meio ambiente e no homem, estimativa do risco e proposta de um plano de gerenciamento e comunicação.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem o objetivo de analisar o risco ambiental do processo produtivo da indústria sucroalcooleira.

2.2 Objetivos Específicos

- Aplicar a metodologia Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA) na avaliação de risco para identificar os perigos e seus impactos ambientais, caracterizar os poluentes, apontar medidas mitigadoras e estimar o risco;
- A partir do resultado encontrado na avaliação de risco, identificar os perigos prioritários;
- Com base na prioridade de risco elaborar um plano de gerenciamento e comunicação.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Indústria Sucroalcooleira

O setor agrícola brasileiro, segundo Piacente & Piacente (2005), passou por modificações nos últimos anos de caráter social, demográfico e econômico, devido ao crescimento populacional e o aumento da renda *per capita*, gerando um aumento na produção e disponibilidade de áreas agrícolas. Estes fatores unidos ao comprometimento institucional de vários países em aumentar suas fontes de energia renovável e aos incentivos fornecidos pelo PROÁLCOOL₂ que busca a independência perante os combustíveis fósseis com a inserção de uma fração de etanol à gasolina no primeiro momento e depois a fabricação para atender a demanda dos veículos movidos a etanol, impulsionaram a expansão da indústria canavieira.

Consequentemente esta atividade tornou-se muito importante para a economia brasileira, de acordo com a UNICA (2010), existem mais de 400 usinas gerando 3,85 milhões de empregos diretos e indiretos e sua produtividade representa cerca de 2,5% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional.

O crescimento da indústria canavieira é inegável, contudo deve-se destacar que a preocupação com os aspectos ambientais não acompanharam a importância dada ao aumento da produção. Seja pelo fato de apenas a substituição de combustível fóssil ter sido um argumento motivador de tal falta de atenção ambiental ou da consequência do Brasil ser pioneiro nesta atividade tornando-o leigo até certo momento, quanto os impactos ambientais que o processo produtivo traria.

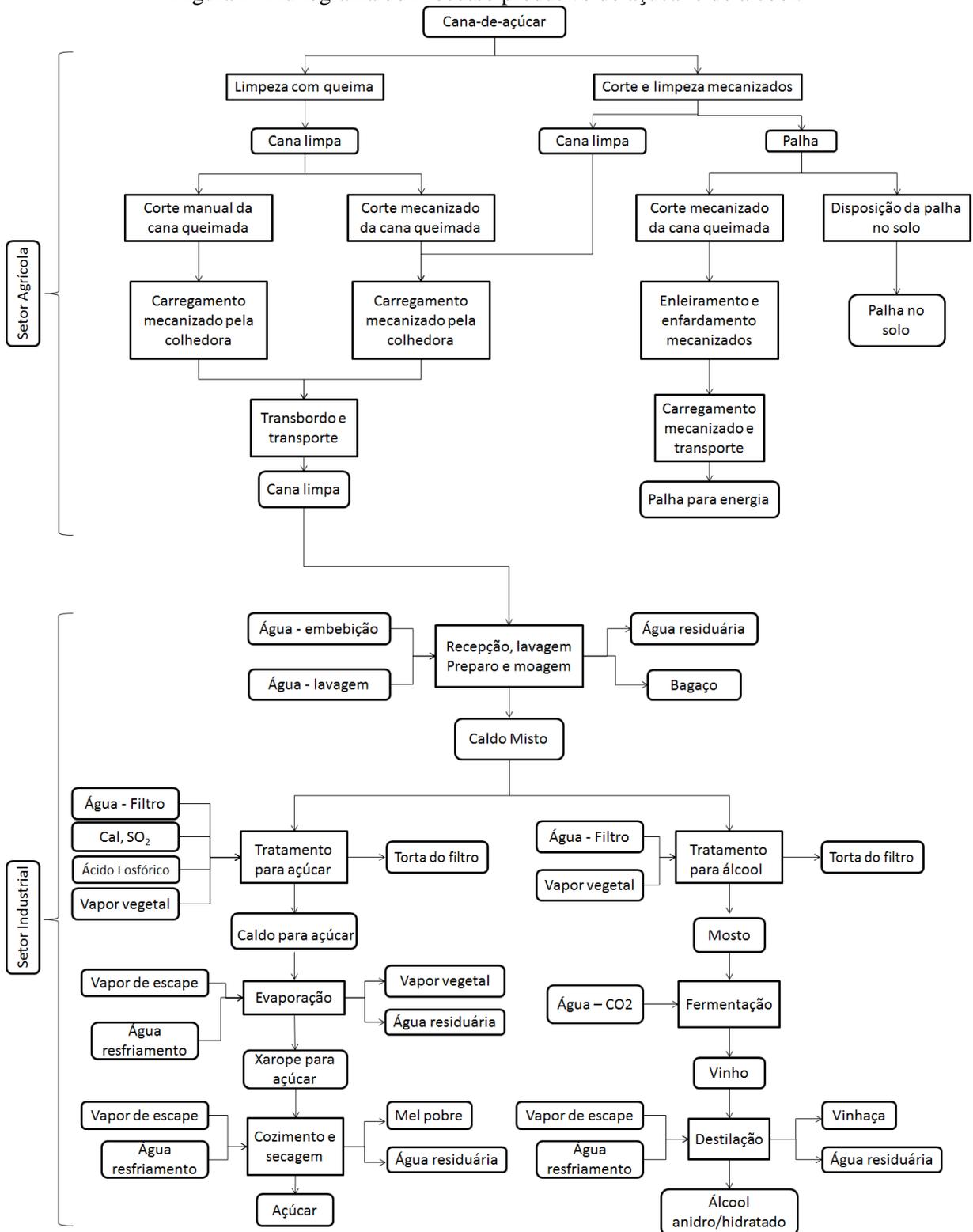
Atualmente sabe-se que a tecnologia utilizada, que estendeu a produção para açúcar e etanol, trouxe consigo alguns impactos ambientais como a poluição atmosférica, de corpos aquáticos e degradação de ecossistemas. Nos últimos cinco anos os impactos ambientais começaram a receber maior importância, de consumidores, estado e produtores, fazendo necessária administração adequada do processo para tornar o processo sustentável.

3.2 Impactos Ambientais

Segundo a UNICA (2010), em agosto de 2010, havia 432 usinas em operação no país, das quais 251 são unidades mistas, produtoras tanto de açúcar quanto de etanol e 162 são destilarias. O processo produtivo da maioria das indústrias pode ser visualizado na Figura 1 e inclui as atividades do setor agrícola iniciando-se com a colheita da cana-de-açúcar e as

atividades do setor industrial com o beneficiamento da cana-de-açúcar para a produção de açúcar e etanol, conforme descritas na sequência.

Figura 1- Fluxograma do Processo produtivo do açúcar e do álcool.



Fonte: Adaptado de Andrade & Diniz (2007).

3.2.1 Setor Agrícola

Em relação às atividades do setor agrícola, esta se inicia com o preparo do solo, em seguida o plantio e depois a colheita da cana. Para que a cana seja colhida ela tem que ser limpa, segundo Ferreira (2010) este processo pode ser realizada através de sua queima ou mecanicamente. Em sequência ocorre o processo de corte no próprio campo: quando a limpeza se dá através da queima o corte pode ser feito manualmente ou mecanicamente, já quando a limpeza ocorre mecanicamente o corte também é mecanizado. Por fim realiza-se o recolhimento da palha resultante desses processos para destiná-la ao setor energético.

De acordo com Andrade e Diniz (2007), a prática de submeter os canaviais à despalha com uso de fogo provoca emissões, para a atmosfera, de material particulado (MP), hidrocarbonetos, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x), causando problemas respiratórios nos seres humanos e emitindo gases do efeito estufa. A emissão de fuligem e fumaça atinge núcleos urbanos, a quilômetros de distância, causando incômodos generalizados aos moradores. Também são gerados efeitos estéticos indesejáveis na atmosfera e nos quintais, provocando aumento do consumo de água para limpeza.

Outro problema trazido pela queima foi detectado por Langowski (2007) *apud* Alvarenga e Queiroz (2009), que constatou a presença de Hidrocarboneto Policíclicos Aromáticos (HPA) – composto cancerígeno – no sangue da maioria dos cortadores de cana-de-açúcar como também nas imediações de canaviais que sofreram queima de suas palhas.

Quanto à utilização de agrotóxico, a cana-de-açúcar requer poucas aplicações em relação a outras culturas de produção extensiva. O consumo de inseticidas é relativamente baixo, sendo quase nulo o de fungicidas. Além disso, muitos produtores já utilizam controle biológico em escala comercial. A produção orgânica também tem aumentado, em virtude do crescimento do mercado de açúcar orgânico, tanto no Brasil quanto no exterior (ANDRADE & DINIZ, 2007).

Este fato aliado à descoberta das propriedades fertilizantes da vinhaça diminuiu a utilização de produtos químicos no solo. Ainda segundo Cortez (1992) *Apud* Piacente & Piacente (2005), a fertirrigação de vinhaça nos canaviais foi intensificada a partir das proibições de despejo desse subproduto nos cursos d'água. Além disso, essa prática de aplicação de vinhaça *in natura* ganhou espaço uma vez que requeria pouco investimento, baixo custo de manutenção, não envolvia uso de tecnologia complexa e possibilitava uma rápida eliminação de grandes quantidades desse material.

Como constataram Piacente & Piacente (2005), que a prática da disposição de vinhaça nas lavouras de cana de açúcar, apesar de trazer em muitos casos um viável retorno econômico na forma de melhorias na produtividade, ocasiona sérios danos ambientais, que serão detalhados mais adiante, principalmente em áreas de aplicação irresponsável e não controlada.

De acordo com a CETESB (2006), a aplicação da vinhaça deve obedecer alguns critérios que estão ligados a: Áreas de Preservação Permanente (APP), Área de Proteção Ambiental (APA), área de proteção de poços, área do perímetro urbano, declividade, aquíferos, poços de monitoramento de água, armazenamento e cálculos para estabelecer a quantidade correta de vinhaça aplicada.

3.2.2 Setor Industrial

Em relação às atividades do setor industrial: segundo Astun (2010) o sistema industrial recebe a cana colhida e nesta recepção de matéria prima é feita a pesagem e análise da qualidade da cana em relação ao teor de sacarose.

A próxima operação é a lavagem da cana; segundo Andrade e Diniz (2007), a cana é limpa com água para reduzir as impurezas que possam prejudicar o rendimento das etapas subsequentes. Apenas a cana queimada é lavada. Quando colhida mecanicamente e sem queima, não é submetida à lavagem.

Conforme Astun (2010), quando limpa ocorre a preparação da cana através da desintegração da cana pelos processos de corte e desfibramento para ajudar na extração da sacarose. Depois é realizada embebição com água para aumentar a eficiência de extração de sacarose nas moendas, obtendo-se o caldo misto e o bagaço da cana. De posse do caldo misto é feito um tratamento para este de acordo com a destinação da produção, ou seja, se deseja produzir álcool ou açúcar.

Para produção de açúcar, de acordo com Andrade e Diniz (2007), o caldo misto é tratado a fim de retirar impurezas, clarificar o caldo e corrigir o pH através das seguintes etapas: desarenação, peneiramento, sulfitação, adição de ácido fosfórico e cal. Quanto ao tratamento para produção de açúcar cada indústria tem um método, mas o mais empregado é a pasteurização do caldo misto.

Na produção de açúcar, como explica Piacente (2005), ocorrem os processos de evaporação, cozimento, centrifugação e secagem. Esta etapa tem como principal insumo água

e, conseqüentemente, geração de efluentes, o mel pobre resultante deste processo é enviado para a cadeia produtiva do álcool mais precisamente na fermentação.

A produção de álcool, como relata Andrade e Diniz (2007), recebe o caldo misto ou o mel pobre, adicionam-se leveduras e obtêm-se o mosto que é levado para a etapa de fermentação e gera o vinho que é encaminhado para o processo de destilação na qual ocorre a separação dos constituintes do vinho a fim de retirar o etanol desta mistura. Na torre de destilação obtêm-se o tipo do produto que se deseja como o álcool anidro ou hidratado, esta etapa tem como principal resíduo a vinhaça.

Este setor é caracterizado pelo grande consumo de água e utilização de produtos químicos para se obter o açúcar e álcool, assim existe uma grande quantidade de águas residuárias resultantes do processo de limpeza da cana, evaporação, cozimento, secagem e destilação.

Toda água residuária, segundo Alvarenga & Queiroz (2009), tem basicamente as mesmas características, apresentando uma grande quantidade de partículas suspensas, açúcares, pH ácido e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) elevada; o volume aumenta muito em dias chuvosos quando a cana chega muito suja.

Na etapa de tratamento do caldo misto, como relata Astun (2010), ocorre a clarificação do caldo onde o lodo obtido no decantador é filtrado e gera a torta do filtro como resíduo, caracterizado pela elevada demanda bioquímica de oxigênio e presença de alguns metais.

Estudo feito por Ramalho & Amaral (2001), concluiu que o uso da torta de filtro no solo cambissolo, durante 20 anos, acarretou aumentos significativos dos teores totais de Cd, Pb, Co, Cr, Cu e Ni, em todas as profundidades. Também verificou que mais de 65% da concentração total de Zn, Cd, Pb, Cr, Co, Cu e Ni encontram-se na fração residual, ou seja, fração não biodisponível do solo. Porém tais resultados demonstram a necessidade de se monitorar as áreas onde se vem aplicando torta de filtro para evitar o crescimento a níveis tóxicos desses metais pesados no solo.

A palha resultante da limpeza da cana e o bagaço resultante da moagem são utilizados para geração de energia, porém seu armazenamento geralmente é feito a céu aberto como mostrado na Figura 2, assim fica submetido à ação do vento e chuva espalhando o bagaço poluindo visualmente a atmosfera causando problemas respiratórios nos seres humanos locais.

Figura 2 - Armazenamento inadequado do bagaço da cana.



Fonte: Acervo do autor.

No sistema de geração de energia através da queima do bagaço utilizando-se caldeiras, segundo Silva (2000), ocorrem a emissão de gases, monóxido e dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio, que intensificam o efeito estufa. Também são emitidos, explicam Andrade e Diniz (2007), material particulado que provoca efeitos estéticos indesejáveis em virtude de sua cor escura e causam incômodos ao bem estar público por sua deposição nas residências. Sua fração inalável penetra nos pulmões e diminui a capacidade respiratória. Silva (2000) também destaca a toxicidade do monóxido de carbono e os problemas respiratórios trazidos pelo dióxido de nitrogênio.

A destilação do álcool, de acordo com Andrade e Diniz (2007), tem como principal efluente a vinhaça que é caracterizada pela elevada demanda bioquímica de oxigênio, pH ácido, temperatura elevada, alta concentração de nutrientes como potássio, nitrogênio e fósforo. Então se lançado em corpos aquáticos este efluente causa a diminuição de oxigênio dissolvido, aumenta a concentração de nutrientes limitantes para ocorrência da eutrofização e conseqüentemente a morte do corpo aquático. Se disposto imediatamente no solo causa a elevação do pH e também pode causar a salinização e erosão do solo devido à presença de soda caustica nos processos industriais.

O despejo da vinhaça nos cursos d'água, segundo Santo & Almeida (2007), é preocupante, pois além de provocar mau cheiro e contribuir para o agravamento de endemias como a malária, a amebíase e a esquistossomose, a sua carga orgânica causa a proliferação de microorganismos que esgotam o oxigênio dissolvido na água, destruindo a flora e a fauna

aquáticas e dificultando o aproveitamento dos mananciais contaminados como fonte de abastecimento de água potável.

3.3 Análise de Risco Ambiental

Atualmente, a noção de riscos e impactos tem adquirido importância e visibilidade na sociedade, figurando em debates, avaliações e estudos no meio acadêmico e empresarial, principalmente quando esse risco está relacionado aos impactos de um acidente na população que vive nas imediações das instalações industriais, gerando graves prejuízos sociais, ambientais e financeiros à comunidade e à empresa (BUREAU, 2000 *Apud* MARTINS, 2009).

Como relata Bastos (2006), é importante distinguir o termo risco do termo perigo – muito utilizado em estudos de avaliação de risco. Enquanto risco está associado à probabilidade de ocorrência de um efeito, perigo é uma característica intrínseca de dada substância ou situação. Por exemplo: uma água residuária com elevada carga orgânica seria um perigo, já sua disposição nos rios sem o devido tratamento traria um risco que pode ser quantificado.

A Análise de Risco se fundamenta em vários conceitos e pressupostos que a caracterizam como uma metodologia flexível e passível de ser aplicada em diferentes áreas do conhecimento e adaptada a situações diversas, considerando, inclusive, vários possíveis desfechos/eventos os quais se quer prevenir ou controlar. De forma genérica, essa metodologia permite, a partir do conhecimento e descrição de possíveis fatores, agentes ou situações que possam determinar a ocorrência de eventos indesejáveis, propor medidas e intervenções que possam evitá-los ou controlá-los, envolvendo a participação da população ou grupo que sofrerá as consequências advindas dos eventos indesejáveis, ainda que a participação signifique apenas a disponibilização de informação. Análise de Risco compreende três etapas desenvolvidas normalmente de forma sequencial e integrada: Avaliação de Risco, Gerenciamento de Risco e Comunicação de Risco, Pádua (2009).

A avaliação de riscos, como explica Bastos (2006), compreende os seguintes passos: em primeiro a identificação dos perigos, depois a estimativa (qualitativa ou quantitativa) dos riscos identificados, valorando o risco com a finalidade de apresentar medidas para eliminar ou reduzir o risco. Existem vários métodos de avaliação de risco, dentre eles pode-se citar: Análise Histórica de Acidentes, Método “E se...?” (What if...?), Lista de Verificação, Análise Preliminar de Perigos (APP), Análise de Perigos e Operabilidade (HazOp), Análise de

Modos e Efeitos de Falha (Failure Modes and Effects Analysis – FMEA), Análise de Árvore de Falhas, Análise de Árvore de Eventos entre outras.

De acordo com Viana (2010), o gerenciamento de risco, segunda etapa da análise de riscos, envolve a tomada de providências, desde estruturais, procedimentais e educacionais, que visem à redução das frequências e consequências de eventuais acidentes, baseadas nas considerações feitas pelas etapas anteriores, em especial na avaliação dos riscos.

A Comunicação de Risco é o diálogo entre o gestor de risco (emissor) e a comunidade envolvida (receptor) e tem um papel muito relevante na divulgação de informação para o público e na motivação para que gerem efetiva gestão do risco. Com o objetivo de chamar atenção e ativar a preocupação da população, criando um estado cognitivo – e não gerando medo ou ansiedade, que são estados emocionais, o que reflete na qualidade da mensagem que deve evitar algumas influências como banalidade da informação, controvérsias, informação de difícil interpretação e o sensacionalismo (ANGER, 2008). Segundo Souza (2008), a comunicação pode ser dividida em interna e externa. Os protocolos internos são para os colaboradores e os externos servem para informar ao consumidor e à autoridade pública. As formas de comunicação podem incluir folhetos, internet, relatórios periódicos, notificação às autoridades e outras formas que forem convenientes à organização.

3.4 Método FMEA

A análise dos modos de falhas e seus efeitos – FMEA, segundo Vasconcellos & Miguel (2011), foi inicialmente desenvolvida nos anos 60 pela NASA e mais tarde, na década de 70, foi muito utilizada nas indústrias aeronáutica e nuclear. A partir dos anos 1980, passou a ser utilizada na indústria automobilística, estendendo-se posteriormente para seus fornecedores na indústria de autopeças. Atualmente, além da aplicação nos setores aeroespacial e automotivo, esta ferramenta tem sido aplicada em diversas áreas: gerenciamento de riscos em serviços hospitalares, análise de falhas existentes em etapas de sistemas agroindustriais, construção civil, análise de riscos ergonômicos e avaliação do risco ambiental.

O FMEA é um método de avaliação de risco que segundo Fernandes (2005) busca, além de identificar falhas potenciais de forma sistemática, identificar seus efeitos e definir ações que visem reduzir ou eliminar o risco associado a estas falhas, reduzindo assim o risco do produto ou processo. O método FMEA traz uma sequência lógica e sistemática de avaliar as formas possíveis pelas quais um sistema ou processo está mais sujeito a falhas. O FMEA

avalia a severidade das falhas, a forma como as mesmas podem ocorrer e, caso ocorram, como eventualmente poderiam ser detectadas previamente. Assim, com base nestes três quesitos: severidade, ocorrência e detecção, o método FMEA leva a uma priorização de quais modos de falha proporcionam um maior risco.

A utilização da lógica inerente a esta técnica, de acordo com Vasconcellos & Miguel (2011), tem sido empregada com sucesso na solução de problemas, já que, frequentemente, permite chegar às causas dos problemas com relativa facilidade.

Como descrito por Vandenbrande (1998) *apud* Fernandes (2005), na introdução de novas áreas de aplicação, o FMEA de processo clássico pode ser facilmente adaptado para incluir falhas no processo que gerem riscos ambientais. Isto pode ser feito através de alterações, no formulário do FMEA ou nas tabelas utilizadas para pontuar os quesitos analisados.

Algumas mudanças, para avaliação de risco ambiental, já foram realizadas por Zambrano & Martins (2007), tem sido analisadas no formulário apenas as saídas que representaram impactos ambientais. Também foi acrescentado o índice de abrangência, uma vez que o impacto ambiental pode transcender as fronteiras onde ocorre a atividade analisada.

Segundo Stamatis (2003) & Palady (1997) *apud* Fernandes (2005), as principais vantagens da utilização do método FMEA são as seguintes:

- Melhoria da qualidade, confiabilidade e segurança de produtos ou serviços;
- Auxílio na escolha de alternativas de projetos que tenham melhor qualidade, confiabilidade e segurança;
- Melhoria na imagem e competitividade da empresa frente aos seus clientes;
- Auxílio na melhoria da satisfação do cliente;
- Redução do tempo e custo de desenvolvimento de sistemas, produtos, processo e serviços;
- Auxílio em determinar redundâncias no sistema, produto, processo ou serviço;
- Auxílio para identificar procedimentos de diagnóstico de falhas;
- Estabelecimento de prioridade para as ações no projeto;
- Auxílio para identificar características críticas e significantes;
- Auxílio na análise de novos processos de manufatura ou montagens;
- Auxílio em estabelecer um fórum de prevenção de falhas;
- Auxílio à identificação e prevenção de falhas;
- Auxílio para definir e priorizar ações corretivas;

- Provê a base para programas de testes e validação durante o desenvolvimento de sistemas, produtos, processos ou serviços;
- Provê documentação histórica para referências futuras, auxiliando análises de futuras falhas;
- Provê um fórum para recomendação de ações de redução de riscos.

3.5 SGA ISO 14000

A Norma NBR ISO 14001 (ABNT, 1996) especifica requisitos relativos a um Sistema de Gestão Ambiental, permitindo a uma organização formular uma política e objetivos que levem em conta os aspectos legais e as informações referentes aos impactos significativos. Ela se aplica aos aspectos ambientais que possam ser controlados pela organização e sobre os quais presume-se que ela tenha influência. Em si, ela não prescreve critérios específicos de desempenho ambiental.

De acordo com Souza (2001) *Apud* Rodrigues (2008), um SGA contém requisitos de sistemas de gestão baseados no processo dinâmico e cíclico de "planejar, implementar, verificar e analisar criticamente" de forma a promover a melhoria contínua do sistema. Segundo este ciclo PDCA a organização deve seguir cinco princípios básicos na implantação do Sistema de Gestão Ambiental:

- Adoção de uma Política Ambiental – a organização estabelece princípios e compromisso ambientais;
- Planejar - Formular um plano para cumprir a política ambiental;
- Desenvolver - Desenvolver capacitação e os mecanismos de apoio necessários para atender a política, seus objetivos e metas ambientais;
- Checar - Mensurar, monitorar e avaliar o desempenho ambiental;
- Análise Crítica Gerencial - Analisar criticamente e aperfeiçoar continuamente o SGA, com o objetivo de aprimorar o desempenho ambiental global.

Segundo o SENAI (2003), o modelo básico para um sistema de gestão ambiental está descrito no documento de orientação ISO 14004 como um processo de cinco etapas:

- Compromisso e política: nesta fase, a organização define uma política ambiental e assegura seu comprometimento com ela.
- Planejamento: a organização formula um plano de gestão que satisfaça às políticas. Dentre as ações desenvolvidas estão: selecionar uma atividade ou processo (por

exemplo, manuseio de materiais prejudiciais); identificar todos os aspectos ambientais possíveis da atividade ou processo (por exemplo: derramamentos acidentais em potencial); identificar impactos reais ou potenciais associados com o aspecto. (por exemplo: nível de contaminação do solo e/ou água); avaliar a importância dos impactos.

- Implementação: a organização coloca um plano em ação, fornecendo os recursos e mecanismos de apoio. Envolve as seguintes atividades: estrutura e responsabilidade; treinamento, conscientização e competência; comunicação; controle de documentos; controle operacional; preparação e atendimento a emergências.
- Medição e avaliação: a organização mede, monitora e avalia seu desempenho ambiental contra objetivos e alvos.
- Análise crítica e melhoria: a organização realiza uma análise crítica e implementa continuamente melhorias em seu SGA para alcançar melhorias no desempenho ambiental total.

As principais vantagens do SGA são a minimização de custos, de riscos, a melhoria organizacional e a criação de um diferencial competitivo. Os custos são reduzidos pela eliminação de desperdícios, racionalização de recursos humanos, físicos e financeiros e pela conquista da conformidade ambiental ao menor custo. A implementação do SGA possibilita também a precisa identificação dos passivos ambientais e fornece subsídios ao seu gerenciamento. Esses procedimentos promovem a segurança legal, a minimização de acidentes, passivos e riscos através de uma gestão ambiental sistematizada que permite a sua integração à gestão dos negócios. Essa atitude melhora a imagem da empresa, aumenta a produtividade, promove novos mercados e ainda melhora o relacionamento com fornecedores, clientes e comunidade (ANDREOLI, 2011).

4. METODOLOGIA

O objeto de trabalho foi uma indústria sucroalcooleira localizada na cidade de Goianinha, Rio Grande do Norte (Figura 3). De acordo com o censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano 2010, o município tinha uma população de 22.841 habitantes e sua área territorial é de 192 km². A rede municipal de saúde é composta por 9 estabelecimentos do Sistema Único de Saúde (SUS) e a rede de ensino possui 27 escolas de ensino fundamental, 20 de pré-escolar e 3 do médio com pouco mais de 34% da população matriculada. Segundo o mapa de pobreza e desigualdade dos municípios brasileiros publicado em 2003, em Goianinha a incidência de pobreza corresponde a 52,56%, o que significa mais da metade da população vivendo com menos de 1 dólar por dia. Baseado nas informações supracitadas é possível definir o município como de pequeno porte e subdesenvolvida.

Figura 3 - Localização do município de Goianinha.



Fonte: IBGE (2011).

Segundo o censo de 2010 do IBGE, mais de 30% da população reside na zona rural, onde 5528 hectares são destinados à cultura da cana-de-açúcar correspondendo a 28% da área do município, contribuindo com quase 10% do Produto Interno Bruto (PIB) local, mostrando a importância da indústria canavieira para a região.

A visita ocorreu em maio de 2010 durante a entressafra de uma indústria sucroalcooleira, caracterizada por ser uma unidade mista, ou seja, produz açúcar e álcool. A destinação de matéria-prima, para açúcar ou álcool, se dá através de uma análise de mercado,

visando uma maior lucratividade. Segundo dados fornecidos por colaboradores da indústria, na safra de 2009/2010 foram moídas cerca de 1,7 milhões de toneladas de cana, produzindo aproximadamente 100 mil toneladas de açúcar, 90 mil m³ de álcool e gerando 30MW de energia.

Durante a visita foram acompanhadas todas as operações unitárias do beneficiamento da cana-de-açúcar, com a presença de um engenheiro químico, as quais foram registradas através de fotos e anotações.

4.1 Levantamento Bibliográfico

Foi realizada uma análise exploratória através da revisão a partir da literatura especializada que abordava os temas relacionados às atividades da indústria canavieira e análise de risco. Para suprir o conhecimento técnico necessário a realização dos objetivos do trabalho.

4.2 Metodologia FMEA

Numa análise de risco a primeira etapa a ser desenvolvida é a avaliação de risco, para tal foi utilizado o método FMEA devido à sua capacidade de adaptação a várias áreas e sua facilidade em cumprir os procedimentos básicos de uma avaliação de risco.

No desenvolvimento da metodologia FMEA, segundo Sakurada (2001), devem ser executadas sete etapas: escolha dos membros da equipe; definição do sistema e dos componentes; diagrama funcional de blocos, fluxogramas, modelos confiabilísticos; funções dos componentes; modos de falha de cada componente; efeitos causados no sistema; avaliação dos efeitos e análise das causas dos modos de falha e revisão do formulário e seleção das ações principais.

Para execução deste trabalho foram realizadas algumas modificações nas etapas propostas por Sakurada (2001), condensando algumas delas resultando em quatro etapas: planejamento; preparação de documentos; reunião FMEA e revisão do formulário.

Na fase de planejamento, o processo produtivo, foi definido como a condição de contorno do objeto de aplicação da metodologia. Em seguida formou-se uma equipe de seis especialistas composta por quatro graduandos, um mestre e um doutor. Com equipe formada, foi exposto o propósito do trabalho e marcada a reunião para discussão e preenchimento do formulário FMEA.

A preparação de documentos consistiu na elaboração do formulário FMEA, representado pela Tabela 1, que foi adaptado de Zambrano & Martins (2007). As mudanças realizadas foram:

- Substituição do índice “tipo de impacto ambiental” pelo “tipo de poluente” uma vez que concluiu-se mais relevante a caracterização do poluente do que a sua possível ocorrência, já que a ocorrência é analisada no índice “O” e
- Retirada da coluna de “controles atuais” devido à falta de informações sobre as medidas tomadas quanto a cada impacto ambiental analisado.

Tabela 1 – Formulário FMEA.

Perigo	Tipo de poluente	Impacto ambiental	Causa	S	O	D	A	R	Medidas mitigatórias
---------------	-------------------------	--------------------------	--------------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------------------------

As colunas deste formulário foram preenchidas da seguinte forma:

- **Perigo:** através do levantamento bibliográfico, escolheram-se os itens a serem avaliados, tem sido considerados apenas os que apresentaram perigo;
- **Tipo de poluente:** foi feita a caracterização dos elementos causadores do impacto ambiental para servir de suporte na pontuação da severidade e detecção;
- **Impacto ambiental:** descrição da interferência do perigo no meio ambiente;
- **Causa:** na maioria das vezes, a causa do impacto ambiental é o descarte incorreto dos resíduos e efluentes industriais;
- As colunas “S”, “O”, “D”, “A” e “R” representam a “severidade”, a “ocorrência”, a “detecção”, a “abrangência do impacto” e o “risco ambiental” e
- **Medidas mitigatórias:** nesta coluna estão descritas as ações, identificadas na revisão bibliográfica, que as organizações deveriam adotar para eliminar ou reduzir os impactos ambientais.

Para pontuar os índices de severidade, ocorrência, detecção e abrangência foi utilizada a tabela de classificação proposta por Zambrano & Martins encontrada no Anexo A.

O índice severidade considera as potenciais alterações que quaisquer poluentes que não tenham sua alocação correta causam, tanto no âmbito de agressividade ao meio quanto no tempo de ação. A periodicidade do impacto ambiental está inserida no índice ocorrência,

indicando a possibilidade de acontecimento do mesmo. Quanto à detecção do impacto, considera-se a capacidade de percepção do mesmo, assim quanto maior a percepção (detecção alta), menor a pontuação atribuída a este fator de risco. O índice de abrangência tem sua classificação de acordo com a localidade na qual o impacto pode ocorrer, quanto maior a área que envolve, maior a pontuação recebida.

O índice risco ambiental “R”, obtido da multiplicação dos índices “S”, “O”, “D” e “A”, estima a prioridade do risco, demonstrando as potenciais falhas. Quanto maior este índice, maior o impacto ambiental representado.

Na reunião do FMEA cada especialista recebeu um formulário FMEA e as tabelas de classificações dos índices. Em seguida foi iniciado um debate sobre os perigos escolhidos e qual pontuação seria mais adequada, tendo em vista o tipo de poluente e os impactos ambientais, para cada índice “SODA”. De modo que a pontuação de cada índice foi atribuída após em comum acordo dos avaliadores baseado nos argumentos que cada um expunha para justificar tal classificação.

Após o preenchimento do formulário o resultado foi analisado criteriosamente para avaliar a consistência do risco obtido e criando uma hierarquização com representatividade e condizente com a real situação, a fim de tornar o gerenciamento o mais efetivo possível.

4.3 Metodologia de gerenciamento e comunicação

Terminada a avaliação de risco inicia-se a etapa de gerenciamento e comunicação. O plano de gerenciamento proposto baseou-se na hierarquização dos riscos obtidos na metodologia FMEA e nas medidas mitigatórias identificadas na revisão bibliográfica, enquanto o plano de comunicação nos princípios e veículos de comunicação.

5 RESULTADOS

5.1 Resultado do Formulário FMEA

Visando uma classificação que represente a realidade da indústria em questão foram levados em consideração alguns dados fornecidos por colaboradores da empresa na safra de 2009/2010: foram gerados 104.146m³ de águas residuárias, 12L de vinhaça por litro de álcool produzido, 40kg de areia por tonelada de cana lavada, 250 kg de bagaço por tonelada de cana, 32kg de torta do filtro por tonelada de cana e sendo as emissões não quantificadas. Juntamente com os dados da produtividade pode-se concluir: foram gerados 1.080.000m³ de vinhaça, 68000 toneladas de areia, 425 mil toneladas de bagaço e 54400 toneladas de torta do filtro.

Primeiro perigo analisado foi a limpeza da cana com queimada, tem sido considerada a severidade alta devido à emissão de poluentes danosos ao meio ambiente e que apresentam caráter patogênico aos seres humanos. Quanto à ocorrência foi classificada moderada devido esta prática ocorrer num período de 6 meses, embora ocorra diariamente, esta atividade para no período de entressafra que dura 6 meses no qual os poluente têm tempo de se dissipar. Devido à necessidade de tecnologia sofisticada para identificar e quantificar, dificultando assim a detecção, esta foi classificada como baixa. Os poluentes emitidos por esta etapa transcendem os limites da organização, tendo a abrangência sido considerada alta. Risco obtido para este perigo foi de 54.

A lavagem de cana foi o segundo perigo avaliado, sua severidade foi classificada como moderada, apesar de necessitar de tratamentos simples de mitigação e ser possivelmente utilizado como recurso no processo, foi levado em consideração o grande volume de efluente gerado, implicando na necessidade de um eficiente sistema de tratamento. A ocorrência foi considerada moderada devido à lavagem de cana ocorrer apenas no período da safra que dura 6 meses. A detecção foi média, devido à necessidade de equipamentos simples como medidores de vazão, turbidímetro e pHmetro. A abrangência do impacto foi considerada moderada, pois este ocorre dentro dos limites da organização. O risco estimado para este etapa foi de 16.

Outro perigo analisado foram as operações de tratamentos para etanol e açúcar, por gerar resíduo que apresentam metais pesados como Zn, Cd, Pb, Cr, Co, Cu e Ni e consequentemente serem tóxicos e patogênicos, foram classificados de severidade alta. A ocorrência foi considerada moderada devido estas operações ocorrerem no período da safra

que dura 6 meses. A detecção foi classificada como baixa devido à tecnologia aplicada na medição e quantificação de metais pesados. A abrangência do impacto foi considerada moderada, pois este ocorre no dentro dos limites da organização. O resultado do risco para esta etapa foi de 36.

O perigo das etapas de evaporação, cozimento, secagem e destilação estão relacionados com a geração de águas residuárias que por terem o mesmo destino de armazenamento foram analisadas juntas. A severidade foi classificada como baixa por apresentarem características pouco danosas, serem facilmente controladas e reutilizadas no processo. A ocorrência foi considerada moderada devido estas operações ocorrerem no período da safra que dura 6 meses. Quanto à detecção devido a necessidade de equipamentos e metodologias simples, foi classificada como média. A abrangência foi classificada como moderada devido o impacto ocorrer dentro dos limites da empresa. Resultou um risco de 8.

O perigo de armazenamento de palha e bagaço de cana teve uma severidade considerada alta, devido suas características de inflamabilidade e patogenicidade. Alta ocorrência deve-se ao fato deste material ser armazenado durante o ano todo. A detecção foi considerada média pela necessidade de equipamentos simples para medição dos poluentes. O impacto foi classificado de alta abrangência por ultrapassar os limites da organização. O risco estimado para este impacto foi de 54.

A severidade, para geração de energia, foi classificada como alta devido à presença de poluentes muito danosos ao meio ambiente, tóxicos e patogênicos. Alta ocorrência deve-se ao fato da geração de energia ocorrer durante todo o ano. Poluentes de difícil detecção, necessitando tecnologia sofisticada para identificar e quantificar, sendo então classificada, como baixa. A abrangência do impacto foi classificada como alta devido à extrapolação dos limites da organização. O risco estimado para geração de energia foi de 81.

O último perigo analisado foi a fertirrigação com vinhaça. Esta teve a severidade classificada como alta por ser muito danosa ao meio ambiente. A ocorrência foi classificada como moderada por ocorrer apenas durante 7 meses. A detecção foi considerada média devido à utilização de equipamentos e metodologias simples. Classificada de abrangência alta pelo fato do impacto transcender os limites da organização. O risco final estimado para este perigo foi de 36.

O resultado do formulário FMEA preenchido durante a reunião pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 – Formulário FMEA preenchido.

Perigo	Tipo de poluente	Impacto ambiental	Causa	S	O	D	A	R	Medidas mitigatórias
Limpeza da cana com queimadas	Material particulado, hidrocarbonetos, CO ₂ , CO, NO _x , SO _x , HPA	Intensificação do efeito estufa, problemas respiratórios, acidentes rodoviários e efeitos estéticos negativos.	Limpeza manual	3	2	3	3	54	Adoção de limpeza e corte mecanizados.
Lavagem da cana	Águas residuárias – material particulado em suspensão, turbidez, DBO e pH ácido	Contaminação e assoreamento dos corpos aquáticos.	Lançamento do efluente sem o devido tratamento	2	2	2	2	16	Tratamento por lagoa de decantação e lodo ativado, limpeza á seco quando possível.
Tratamento p/ açúcar e álcool	Torta do filtro – DBO e alguns metais (Zn, Cd, Pb, Cr, Co, Cu e Ni).	Contaminação do solo e água, problemas de saúde e bioacumulação	Disposição inadequada no solo	3	2	3	2	36	Resfriamento e utilização como adubo orgânico, compostagem
Evaporação, cozimento, secagem e destilação	Águas residuárias – temperatura e DBO alta	Aumento da carga orgânica, diminuição de oxigênio dissolvido nos corpos aquáticos.	Lançamento do efluente sem o devido tratamento	1	2	2	2	8	Tanques de resfriamento e decantação, reuso no processo.
Armazenamento de palha e bagaço	Material particulado	Poluição atmosférica e problemas respiratórios	Feito a céu aberto	3	3	2	3	54	Armazenamento em galpões ou plásticos para cobrir
Geração de energia nas caldeiras	Material particulado, cinzas, CO ₂ , CO, NO _x , SO _x	Intensificação do efeito estufa, problemas respiratórios, alteração na fauna e flora e efeitos estéticos negativos.	Sem prevenção contra emissão	3	3	3	3	81	Incorporar esta material a torta do filtro, utilizar lavadores de gases, precipitador eletrostático, filtro de manga.
Fertirrigação com vinhaça	Vinhaça –elevada DBO, temperatura, alta concentração de potássio, nitrogênio e fosforo pH ácido	Salinização e erosão do solo e eutrofização dos corpos aquáticos e odor	Lançamento sem tratamento, dias chuvosos, terrenos com alta inclinação	3	2	2	3	36	Tratamento por resfriamento, diluição correção de pH e utilização para fertilização do solo, digestão anaeróbia

Após o resultado da avaliação de risco foi realizada a hierarquização dos perigos quanto ao risco respectivo, apresentada na Tabela 3.

Na hierarquização observou-se que alguns perigos apresentaram riscos iguais, porém foi realizado um desempate baseado nos seguintes argumentos:

O desempate feito entre a limpeza da cana e o armazenamento do bagaço foi justificado pelo fato do segundo apresentar soluções mais simples, menos onerosas e de fácil instalação. Então a limpeza da cana tem prioridade, pois além de possuir maior número de impactos ambientais, necessita de mais tempo de planejamento e mais recursos;

O critério utilizado para o desempate entre a fertirrigação com vinhaça e o tratamento para açúcar e álcool, foi a maior quantidade de vinhaça gerada em relação à torta do filtro.

Tabela 3 – Hierarquização dos perigos.

Perigo	Risco
Geração de energia	81
Limpeza da cana com queimadas	54
Armazenamento de palha e bagaço	54
Fertirrigação com vinhaça	36
Tratamento p/ açúcar e álcool	36
Lavagem da cana	16
Evaporação, cozimento, secagem e destilação	8

5.2 Plano de Gerenciamento e Comunicação

Após a realização da avaliação de risco ambiental, tem-se o conhecimento das variáveis ambientais e das prioridades que serão objeto de trabalho no planejamento. Porém antes da elaboração de um plano de gestão é importante saber a realidade da organização perante as questões ambientais, identificando assim as características, dificuldades e viabilidade da implantação do mesmo. Neste sentido, foi proposto e elaborado um formulário onde se sugere que seja aplicado à organização pelo executor do plano de gerenciamento, possibilitando o conhecimento real sobre a situação da empresa quanto aos seus aspectos ambientais. Os formulários contêm os seguintes questionamentos:

- Quanto à política ambiental:
 - A empresa tem uma política de meio ambiente?
 - É apropriada à natureza, escala e impactos ambientais de suas atividades, produtos e serviços?
 - Existe o comprometimento com a prevenção da poluição, atendimento à legislação e melhoria contínua?

- Está documentada, disponível ao público e foi divulgada a todos os empregados?
- A política fornece a base para estabelecimento e revisão de objetivos e metas ambientais?
- Quanto aos aspectos ambientais:
 - Existe procedimento para identificação de aspectos e avaliação de impactos ambientais de todas as atividades, produtos e serviços da organização?
 - Existe uma periodicidade para que o levantamento seja sempre atualizado, a cada nova atividade, produto ou serviço?
 - Qual a abrangência do levantamento e avaliação foram considerados: aspectos indiretos foram considerados, incluindo fornecedores; situações anormais e de risco; Passivo ambiental;
 - Houve abordagem do consumo de água e energia?
 - Aspectos relacionados a atividades administrativas também foram considerados?
- Quanto aos objetivos e metas:
 - A organização define periodicamente objetivos e metas ambientais?
 - Estão documentados?
 - São considerados os aspectos ambientais significativos, requisitos legais e compromissos?
 - São mensuráveis?
 - São compatíveis com a Política?
 - Estão relacionados ao comprometimento com a melhoria contínua?
 - Estão relacionados ao comprometimento com a prevenção da poluição?
- Quanto ao programa de gestão ambiental:
 - Existe programa de gerenciamento ambiental?
 - Os objetivos e metas são desdobrados para cada função e nível pertinente, bem como detalhados quanto a responsabilidades, orçamento e cronograma?
 - O cumprimento dos cronogramas é acompanhado periodicamente?
 - Há o envolvimento de todos os setores nesta atividade?
 - Os empregados e prestadores de serviço são conscientizados sobre os aspectos ambientais das suas atividades, situações de risco e emergência, seu papel no atendimento à Política, responsabilidade individual e consequências para o meio ambiente do não cumprimento dos procedimentos?

- Quanto à comunicação:
 - Os aspectos ambientais são comunicados internamente entre os vários níveis? Como?
 - A organização abre um canal de comunicação com as possíveis partes interessadas (comunidades, órgãos municipais, estaduais e federais, vizinhos, associações, prefeituras, ONGs, acionistas, empregados)?
 - Todas as comunicações recebidas de partes interessadas são analisadas e respondidas?
- Quanto aos resíduos, emissões e efluentes:
 - Existem dispositivos e/ou equipamentos e/ou sistemas de controle para minimizar as emissões atmosféricas significativas? Quais?
 - Os equipamentos de controle ambiental são objeto de manutenção preventiva?
 - Existem dispositivos e/ou equipamentos e/ou sistemas para tratamento dos efluentes industriais e sanitários?
 - A drenagem pluvial é segregada dos demais efluentes?
 - Existe estação de tratamento de água? O resíduo do tratamento é lançado no corpo receptor ou é segregado?
 - A empresa mantém atualizado um inventário de resíduos?
 - É definida a destinação mais adequada a cada tipo?
 - Existe algum programa de aproveitamento, reuso ou reciclagem de resíduos?
 - Existe programa de racionalização e controle do consumo de água?
 - Existe programa de racionalização e controle do consumo de energia?
- Quanto a monitoramento e medição:
 - Existe plano de monitoramento relacionado com os aspectos ambientais significativos (emissões atmosféricas, saída de efluentes, corpos receptores)?
 - As informações são sistematicamente registradas, mantidas, analisadas e comparadas com os parâmetros legais e com os objetivos e metas da organização?
 - Existe uma sistemática para avaliar periodicamente o atendimento à legislação e regulamentos ambientais pertinentes?
 - Os equipamentos e instrumentos de medição e monitoramento são adequadamente calibrados, com periodicidade definida?
- Quanto à avaliação dos processos:
 - A empresa tem procedimento e programa para auditorias periódicas?

- O programa é dimensionado conforme a importância ambiental da atividade envolvida e os resultados de auditorias anteriores?
- Os procedimentos consideram o escopo da auditoria e estabelecem frequência?
- As responsabilidades e requisitos para as auditorias estão definidos?
- Os resultados são apresentados formalmente à alta administração, para fins de análise crítica?

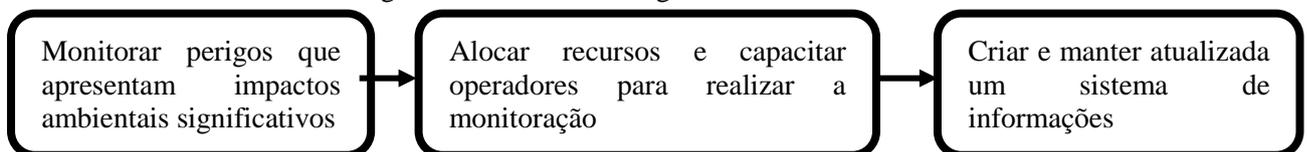
As informações que são obtidas com a aplicação de um formulário desta natureza, juntamente com a avaliação de risco realizada tornam possíveis e consistentes a elaboração de um plano de gerenciamento e comunicação.

A elaboração do plano de gerenciamento ambiental inicia-se com o levantamento das etapas que geram impactos, dos efluentes, emissões e resíduos sólidos, as características e as medidas que podem ser tomadas para minimizar ou eliminar o impacto ambiental. Tal etapa já foi realizada na fase de avaliação de risco ambiental e pode ser visualizada na Tabela 2. O plano de gerenciamento foi desenvolvido na forma de fluxograma dividido nas etapas de monitoramento e controle de resíduos.

- Monitoramento de resíduos, emissões e efluentes:

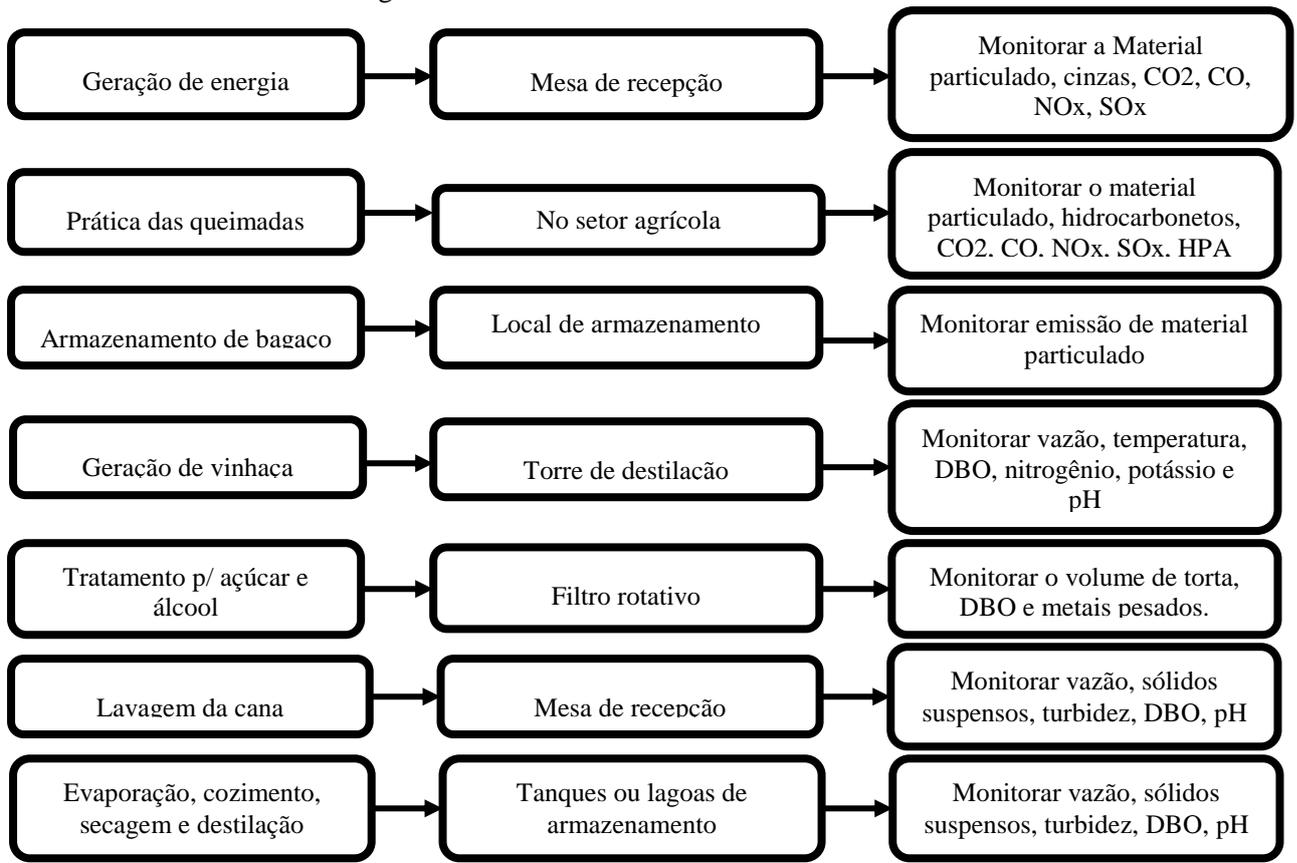
Serão monitorados os perigos identificados na avaliação de risco. Para realizar tal atividade, necessita-se da alocação de recursos financeiros na aquisição de equipamentos de detecção e medição e capacitação profissional. Também é interessante criar um sistema de informação para registrar, armazenar e analisar os dados obtidos no monitoramento. De uma forma geral estes procedimentos podem ser visualizados no fluxograma da Figura 4:

Figura 4 – Procedimento geral de monitoramento.



Outra questão importante para monitoração é o conhecimento das variáveis que serão observadas e o local onde serão instalados os equipamentos, tais informações estão apresentadas na Figura 5.

Figura 5 – Pontos e variáveis de monitoramento.



O controle de resíduos está relacionado com as medidas mitigadoras que foram detectadas durante a revisão bibliográfica, todas as ações propostas neste plano (Figura 6) são fundamentadas no manual de conservação e reuso de água na agroindústria sucroenergética elaborado pela ANA (2009).

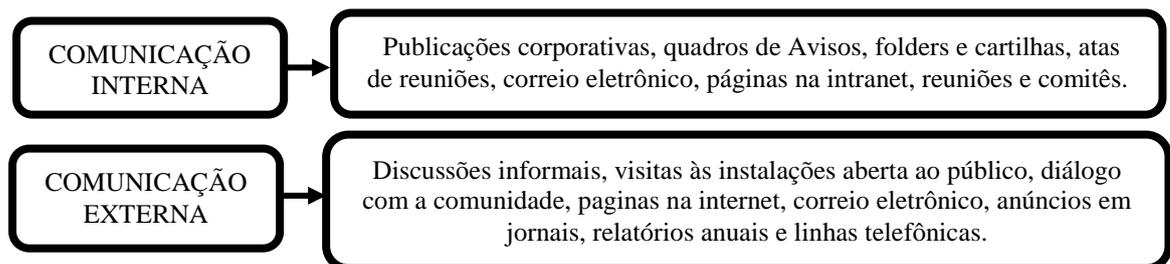
Depois da adoção de medidas de controle de resíduos é necessário manter o monitoramento e realizar aplicações contínuas da avaliação de risco para avaliar a eficiência das medidas implantadas.

A comunicação (Figura 7), fundamentada nos princípios da norma ISO 14001, deve ser planejada de acordo com o tipo de comunicação, interna ou externa, e o tipo de veiculação.

Figura 6 – Controle de resíduos.



Figura 7 – Comunicação de risco.



O processo de comunicação interna é muito importante, pois é o meio pelo qual todos os colaboradores tomam conhecimento da posição da organização quanto às questões ambientais, estabelecendo um processo interativo com todos os níveis da empresa. A comunicação externa é uma ferramenta de diálogo entre a organização e a comunidade criando uma relação na qual é possível alertar sobre aspectos ambientais, promover a conscientização e conhecer os anseios visando criar novos mercados.

6. CONCLUSÃO

A análise de risco se mostrou satisfatória para o processo analisado, principalmente pela aplicação do método FMEA na avaliação de risco, devido à coerência dos dados obtidos na estimativa dos riscos, tal comportamento era esperado devido à vasta aplicação do método em processos industriais.

A avaliação de risco ambiental resultou na hierarquização dos perigos onde a geração de energia obteve o maior risco seguido da limpeza da cana com queimadas, armazenamento de palha e bagaço, fertirrigação com vinhaça, tratamento para açúcar e álcool, lavagem da cana e evaporação, cozimento, secagem e destilação. A pontuação máxima obtida pela geração de energia deve-se a emissões poluentes muito danosas ao meio ambiente que possui alcance fora dos limites da organização, de difícil detecção e de ocorrência frequente.

O plano de gerenciamento proposto visou o monitoramento e o controle dos perigos. O gestor deverá analisar os riscos prioritários e aplicar as medidas apontadas para cada perigo, levando em consideração suas reais necessidades e disponibilidade de recursos.

Foi proposto um plano de comunicação interna que deve ser utilizado para difundir o comprometimento ambiental entre os colaboradores e a externa a fim de chamar atenção e ativar a preocupação da população, criando um estado cognitivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, P. R.; QUEIROZ, T. R. **Produção mais Limpa e Aspectos Ambientais na Indústria Sucroalcooleira**. São Paulo, 2009.
- ANA. **Manual de conservação e reuso de água na agroindústria sucroenergética**/ Agência Nacional de Águas; Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; União da Indústria da Cana-de-açúcar; Centro de Tecnologia Canavieira. Brasília, 2009.
- ANEEL. **Capacidade energética do Brasil**. Disponível em:
<<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.asp>>. Acesso em: 05/09/2010.
- ANDREOLI, C. V. **Gestão ambiental**. Disponível em:
<<http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/empresarial/6.pdf>>. Acessado em: 16/10/2011.
- ANGER, D. B. C. **Comunicação de risco na resolução de dilemas sociais: estudo de casos brasileiros em racionamento de água e energia elétrica**. São Paulo, 2008.
- ARAUJO, F. J. C. **Avaliação de riscos ambientais**. Recife, 2001.
- ASTUN, T. M. C. **Planejamento e diretrizes para um sistema de gestão ambiental em uma indústria sucroalcooleira**. Ribeirão Preto. Disponível em:
<<http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/astun.pdf>>. Acessado em: 6/5/2010.
- BASTOS, R. K. X. **Inspeção sanitária em abastecimento de água** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
- CETESB. **Vinhaça – critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola**. São Paulo, 2006.
- CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, primeiro levantamento, maio/2011**. Brasília, 2011.
- FERREIRA, Y. E. Z. **Análise dos impactos ambientais decorrentes da atividade sucroalcooleira: estudos de casos das usinas Triálcool e Araguari**. Uberlândia, 2010.
- FERNANDES, J. M. R. **Proposição de abordagem integrada de métodos da qualidade baseada no FMEA**. Curitiba, 2005.
- IBGE. **Goianinha – RN. Censo 2010**. Disponível em:
<<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 31/10/2011.
- MARTINS, S. N. **Caracterização e análise dos riscos ambientais em um empreendimento industrial**. Minas Gerais, 2009.
- LIMA, D. J. P. **Agroindústria canavieira e emprego: evolução recente e perspectivas**. Uberlândia, 2010.

PÁDUA, V. L. Remoção de microorganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano. Rio de Janeiro: ABES, 2009

PIACENTE, F. J. Agroindústria canavieira e o sistema de gestão ambiental: o caso das usinas localizadas nas Bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Campinas, 2005.

PIACENTE, F. J.; PIACENTE, E. A. Desenvolvimento sustentável na agroindústria canavieira: uma discussão sobre resíduos. Disponível em: <<http://www.cori.unicamp.br/IAU/completos/Desenvolvimento%20Sustentavel%20Agroindustria%20Canavieira%20uma%20discussao%20sobre%20os%20residuos.doc>>. Acesso em: 15/05/2011.

RAMALHO, J.F.; AMARAL SOBRINHO, N.M. Metais pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar pelo uso de resíduos agroindustriais. Revista Floresta e Ambiente. V. 8, Nº. 1, Jan/Dez de 2001.

RODRIGUES, J. F.; KÖPP, N. R.; LIMA I. A.; REIS D. R.; OLIVEIRA, I. L. Implantação do Sistema de Gestão Ambiental Segundo a NBR ISSO 14001: uma pesquisa de campo em empresa do ramo metalúrgico. Paraná, 2008.

SAKURADA, E. Y. As técnicas de Análise do Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos. Florianópolis: Eng. Mecânica/UFSC, (Dissertação de mestrado), 2001.

SANTO, Z. N. E.; Almeida L. T. Etanol: impactos sócio-ambientais de uma commodity em ascensão. VII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Fortaleza, 2007.

SENAI. Sistema de gestão ambiental e produção mais limpa. UNEP, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, 2003. 43p. il. Porto Alegre, 2003.

SILVA, E. L. Controle da poluição do ar na indústria açucareira. Escola Federal de Engenharia de Itajubá. Sociedade dos Técnicos Açucareiros do Brasil – STAB, 2000.

SOUZA, R. M. G. L. Princípios e métodos utilizados em segurança da água para consumo humano. São Paulo, 2008.

UNICA. Relatório de Sustentabilidade 2010. São Paulo, 2010. Disponível em: <www.unica.com.br>. Acesso em: 26/07/2011.

VASCONCELLOS, J. C. J.; MIGUEL P. A. C. Implantação de FMEA em uma empresa de máquinas-ferramenta. Santa Bárbara D' Oeste. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999_A0165.PDF>. Acesso em: 22/09/2011.

VIANA, D. de B. Avaliação de riscos ambientais em áreas contaminadas: uma proposta metodológica. Rio de Janeiro, 2010.

ZAMBRANO, T. F.; MARTINS, M. F. Utilização do método FMEA para avaliação do risco ambiental. São Carlos, 2007.

ANEXO A – Tabela de escore para um FMEA de processos de empresas de São Carlos - SP

Quadro 4. Classificações de severidade.		
Severidade do impacto ambiental		Classificação
Alta	Produtos muito danosos ao meio ambiente, que apresentam as características: corrosividade, reatividade, explosividade, toxicidade, inflamabilidade e patogenicidade	3
Moderada	Produtos danosos ao meio ambiente, que possuem longo tempo de decomposição, por exemplo: metais, vidros e plásticos. Também é considerada a utilização de recursos naturais	2
Baixa	Produtos pouco danosos ao meio ambiente, que possuem curto tempo de decomposição, como papelão e tecidos	1

Quadro 5. Classificações de ocorrência de impactos ambientais reais.		
Ocorrência do impacto ambiental		Classificação
Alta	O impacto ambiental ocorre diariamente	3
Moderada	O impacto ambiental ocorre mensalmente	2
Baixa	O impacto ambiental ocorre semestralmente ou anualmente	1

Quadro 6. Classificações de detecção.		
Detecção do impacto ambiental		Classificação
Baixa	Para detectar o impacto ambiental é necessária a utilização de tecnologias sofisticadas	3
Média	O impacto ambiental é percebido com a utilização de medidores simples. Exemplos: hidrômetro e medidor de energia elétrica	2
Alta	O impacto ambiental pode ser percebido visualmente	1

Quadro 7. Classificações de abrangência de impactos ambientais.		
Abrangência do impacto ambiental		Classificação
O impacto ambiental ocorre fora dos limites da organização		3
O impacto ambiental ocorre dentro dos limites da organização		2
O impacto ambiental ocorre no local onde está sendo realizada a operação		1