

Marcelo Bassi Costa

Acidentes envolvendo explosões na indústria de Biodiesel

EPMI
ESP/EST-2010
C823a

São Paulo

2010

Marcelo Bassi Costa

Acidentes envolvendo explosões na indústria de Biodiesel

**Monografia apresentada à
Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo
para obtenção do título de
Engenheiro de Segurança do
Trabalho**

**Área de Concentração
Engenharia de Segurança do
Trabalho**

**São Paulo
2010**

DEDICATÓRIA

Para Danielle, Gabriel e Arthur

AGRADECIMENTOS

A toda a equipe do PECE pela atenção oferecida.

Aos colegas da Biocapital pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

Ao pessoal de Volta Redonda, que sem saber bem como, ajudou muito.

“Não existem acidentes...”

**“O ontem é história. O amanhã é um mistério.
Mas o hoje é uma dádiva. É por isso que se
chama presente.”**

Mestre Oogway, em Kung Fu Panda

RESUMO

Este trabalho pretende fazer uma apresentação de diversos casos de acidentes envolvendo explosões e incêndios em plantas industriais de produção de Biodiesel. Os vários casos estudados foram catalogados de forma a proporcionar ao leitor uma visão de aspectos relacionados à segurança do trabalho, às substâncias utilizadas e às atividades relacionadas aos acidentes estudados. Os resultados demonstram que há um histórico de explosões e incêndios nas plantas industriais de Biodiesel do Brasil, dos Estados Unidos e do Canadá, com a ocorrência de vítimas, algumas vezes fatais, e prejuízos materiais significativos. As conclusões apontam para a presença freqüente de algumas substâncias características na fabricação de Biodiesel e para algumas atividades mais relacionadas a essas explosões e incêndios.

Palavras Chave: Acidentes de trabalho. Segurança no trabalho. Explosões.

ABSTRACT

This paper aims to present several cases of accidents related to fire and explosions in Biodiesel industrial plants. The studied cases were classified in order to provide an overview of safety related issues, knowledge on related chemicals and activities connected to the accidents reported. The results show a history of fire and explosion cases in industrial plants located in Brazil, United States and Canada. In many of these cases there were victims, some of them fatal, and significant material damages. The conclusions point to a few key chemicals and activities which are related to the Biodiesel production. These chemicals and activities might be of concern in safety management of such plants.

Keywords: Labor Accident. Safety. Explosion.

SUMÁRIO

1 Introdução	1
1.1 Objetivo	2
1.2 Justificativa	3
2 Revisão da Literatura	4
2.1 O Biodiesel	4
2.2 O processo de produção de Biodiesel	4
2.2.1 A química da produção de Biodiesel	4
2.3 Conceitos Importantes relacionados a Segurança	6
2.3.1 Líquidos Combustíveis e Inflamáveis	6
2.3.2 Ponto de Fulgor	6
2.3.3 Faixa de explosividade	7
2.3.4 Limites de exposição	7
2.4 Principais substâncias envolvidas na produção de Biodiesel	8
2.4.1 Metanol	9
2.4.2 Glicerina	10
2.4.3 Metilato de Sódio	11
2.5 Segurança nas instalações industriais de Biodiesel	12
2.6 Explosões	13
2.6.1 Tipos de Explosões	13
3 Materiais e Métodos	17
4 Resultados	19
4.1 Caso 01 – Formosa – Goiás, Março de 2009	19

4.2 Caso 02 –Cuiabá – Mato Grosso, Agosto de 2009	20
4.3 Caso 03 – Chicago – Illinois (EUA), Julho de 2009	21
4.4 Caso 04 – Defiance – Ohio (EUA), Janeiro de 2008	22
4.5 Caso 05 – New Plymouth – Idaho (EUA), Junho de 2006	23
4.6 Caso 06 – Bakersfield – California (EUA), Fevereiro 2006	23
4.7 Caso 07 – Canby – Oregon (EUA), Junho de 2006	25
4.8 Caso 08 – Spanish Forks – Utah (EUA), Julho de 2007	25
4.9 Caso 09 – Augusta – Georgia (EUA), Agosto 2007	26
4.10 Caso 10 – Lenoir – Carolina do Norte (EUA), Agosto 2007	26
4.11 Caso 11 – Princess Anne – Maryland (EUA), Maio de 2008	27
4.12 Caso 12 – Decaturville – Tennessee (EUA), Agosto de 2008	28
4.13 Caso 13 – York – Dakota do Norte (EUA), Agosto 2008	29
4.14 Caso 14 – Gadsten –Alabama (EUA), Setembro de 2008	29
4.15 Caso 15 – Clinton – Iowa (EUA), Setembro de 2008	29
4.16 Caso 16 – Houston – Texas (EUA), Fevereiro de 2009	30
4.17 Caso 17 – Brewster – Minnesota (EUA), Maio de 2009	30
4.18 Caso 18 – Toledo – Ohio (EUA), Junho de 2009	31
4.19 Caso 19 – St. Cloud – Flórida (EUA), Agosto de 2009	31
4.20 Caso 20 – Savannah – Georgia (EUA), Outubro de 2009	32
4.21 Caso 21 – Houquian – Washington, Fevereiro de 2009	33
4.22 Caso 22 – High River – Canadá, Abril de 2008	33
5 Discussões	39
6 Conclusões	41

6.1 Recomendações para trabalho a quente	41
6.2 Recomendações para estocagem de produtos	42
7 Referências	44
APÊNDICE A Tabulação dos dados referentes aos casos estudados	46
APÊNDICE B Endereços eletrônicos relacionados aos casos estudados	49



1 Introdução

A busca por energias renováveis tem sido uma preocupação constante na sociedade moderna.

A substituição de combustíveis fósseis por outros resultantes de biomassa, aí incluído o Biodiesel, tende a apresentar algumas vantagens do ponto de vista de redução das emissões gasosas em motores de combustão e os processos de obtenção tendem a ser menos poluentes do que a extração e refino de combustíveis fósseis.

O biodiesel consiste em uma fonte renovável de energia e apresenta conveniências frente ao hidrogênio e ao álcool: é mais barato que o hidrogênio e sua produção é menos limitada à região sudeste, como no caso do etanol proveniente da cana-de-açúcar. Ele pode ser produzido em qualquer região do país, inclusive no semi-árido. Produzido a partir de óleos vegetais, sebo de origem animal, óleo de frituras e da matéria graxa encontrada nos esgotos municipais, é considerado um forte candidato a substituto do petróleo e seus derivados (1).

Apesar de ser um tipologia industrial relativamente jovem, a indústria de Biodiesel guarda certa semelhança com outras tipologias maiores e mais antigas, como a indústria química, no que tange as operações unitárias envolvidas durante o processo produtivo e com a indústria de produção e distribuição de combustíveis, no que se relaciona aos processos de estocagem, manuseio e logística.

Da mesma forma os perigos, os riscos e os cuidados necessários com a segurança do trabalhador e das instalações são semelhantes. A segurança pessoal, operacional e de processo nas fábricas de Biodiesel requer atenção e cuidados muitas vezes não percebidos pelos agentes da operação (gestores, executivos, engenheiros, supervisores e operadores).

1.1 Objetivo

O objetivo principal deste trabalho é mostrar que a atividade de produção de Biodiesel em escala industrial possui um histórico de graves acidentes, tanto no Brasil como em outros países.

Também são objetivos mostrar quais as substâncias e atividades presentes na produção de industrial de Biodiesel que estão relacionadas diretamente com as explosões e incêndios dessa tipologia industrial.

Neste cenário de expansão da indústria de biodiesel, pretende-se mostrar a partir da semelhança entre diversos casos apresentados que há um caminho de aprendizagem a ser trilhado por esta tipologia industrial.

1.2 Justificativa

A evolução das preocupações da sociedade com as questões ambientais e a busca por alternativas aos combustíveis fósseis tornaram a produção de biocombustíveis uma realidade industrial em diversas partes do mundo.

Neste contexto pode-se observar o surgimento e crescimento de uma indústria focada na produção de Biodiesel em quantidades cada vez maiores.

Atualmente existem no Brasil 64 instalações industriais produtoras de biodiesel autorizadas pela Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) para operação no País, correspondendo a uma capacidade total autorizada de 13.219,33 m³/dia (2).

Porém, essa nova tipologia industrial vem acompanhada de uma série de perigos e riscos que devem ser adequadamente gerenciados uma vez que os processos produtivos para a obtenção industrial do Biodiesel utilizam substâncias potencialmente perigosas, que requerem cuidados em seu manuseio, transporte e armazenamento.

A manifestação destes riscos na forma de acidentes envolvendo explosões na indústria de Biodiesel tem se apresentado bastante frequente, tanto no Brasil como no exterior. A necessidade de conhecer melhor as formas em que se apresentam estes riscos e desenvolver maiores cuidados durante fabricação do Biodiesel, aliada a necessidade de um sistema mais efetivo de gerenciamento destes mesmos riscos torna justificável a apresentação deste trabalho.

2 Revisão da Literatura

2.1 O Biodiesel

Chama-se Biodiesel ao combustível composto de alquilésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais (3).

Óleos e gorduras são misturas naturais de triglicerídeos também chamados de triglicerois. Adota-se a diferenciação do termo “gorduras” para sólidos a temperatura ambiente e “óleos” para aqueles triglicerídeos que se apresentam líquidos à temperatura ambiente (4)

Os ésteres de ácidos graxos são substâncias químicas de alto conteúdo energético e que apresentam características químicas e físicas muito semelhantes ao Diesel por isso são usados como combustíveis. Por ser possível a obtenção de ésteres a partir de fontes renováveis (gorduras animais e óleos vegetais) existe um crescente interesse da sociedade na produção destas substâncias em grande escala para a substituição dos combustíveis fósseis atualmente utilizados.

2.2 O processo de produção de Biodiesel

2.2.1 A química da produção de Biodiesel

A produção de ésteres usando óleos vegetais ou gorduras animais requer uma reação química com aplicação de uma catálise seletiva e condições de processo controladas para atender às diversas especificações do produto.

A reação química envolvida na produção do Biodiesel é conhecida como “transesterificação” onde um catalisador acelera a reação de um glicerol com três moléculas de metanol criando um éster metílico de ácidos graxos como mostrado na figura abaixo:

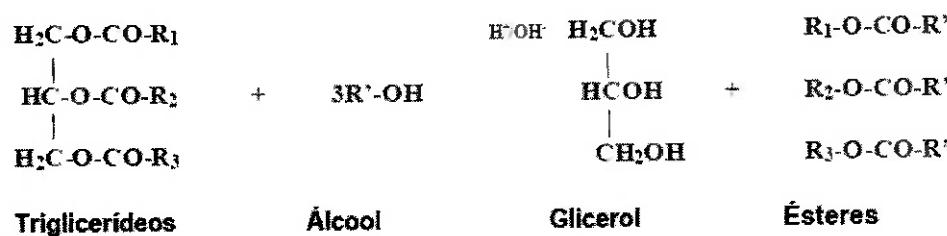


Figura 1 – Reação de Transesterificação (adaptado de Oliveira (5))

Na Figura 1 acima, os radicais R1, R2 e R3 representam as cadeias carbônicas dos ácidos graxos e R' a cadeia carbônica do álcool reagente, que usualmente é o Metanol (5)

A mistura reacional divide-se em duas fases. Uma primeira fase composta pela glicerina (glicerol) resultante e a outra fase rica em éster metílico é o que se chama de Biodiesel. A separação de fases se dá por gravidade. O metanol presente no processo fica na fase mais pesada (rica em glicerina) constituindo-se, como será visto adiante, numa fonte importante de preocupação em relação à segurança.

Os processos de produção industrial do Biodiesel podem ser geralmente divididos em cinco etapas principais (6):

1. Reação para obtenção do Biodiesel

2. Separação de fases (Biodiesel e Glicerina)
3. Lavagem do Biodiesel
4. Recuperação do Metanol e água dos produtos e subprodutos e
5. Purificação do metanol e da água para reuso no processo

2.3 Conceitos importantes relacionados a segurança

2.3.1 Líquidos Combustíveis e Inflamáveis

A Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego - NR 20 define como "Líquido Combustível" aquele que apresenta ponto de fulgor igual ou superior a 70°C e inferior a 93,3°C. (7)

A mesma NR 20 define como "Líquido inflamável" como todo aquele que possua ponto de fulgor inferior a 70°C e pressão de vapor que não exceda 2,8 kg/cm² absoluta a 37,7°C. (4)

2.3.2 Ponto de Fulgor

Por ponto de fulgor (flash point) podemos entender como a mínima temperatura à qual se deve levar o líquido para que os vapores liberados se inflamem, mesmo momentaneamente, em presença de uma chama, nas condições normalizadas (8)

2.3.3 Faixa de Explosividade

A faixa de explosividade é aquela compreendida entre os limites inferiores e superiores de explosividade

O limite inferior de explosividade ou inflamabilidade (LIE) de um gás ou vapor no ar é definido como a mínima concentração em volume de gás ou vapor na mistura acima da qual ele poderá ser inflamado

O Limite superior de explosividade ou inflamabilidade (LSE) de um gás ou vapor no ar é definido como a máxima concentração em volume de vapor ou gás na mistura abaixo da qual ele pode ser inflamado.

Dentro da faixa de concentrações compreendida entre o LIE e o LSE a mistura de gases ou vapores pode propagar chama, bastando para isso a presença de uma fonte de ignição.

2.3.4 Limites de exposição

Os limites de exposição (em inglês conhecidos como TLV – Threshold Limit Values) referem-se às concentrações das substâncias químicas dispersas no ar e representam as condições nas quais acredita-se que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta repetidamente, dia após dia durante toda uma vida de trabalho sem sofrer efeitos adversos na saúde

Os Limites de Exposição – Média Ponderada pelo Tempo (TLV-TWA) são definidos como a concentração média, ponderada no tempo para uma jornada normal de 8 horas por dia, 40 horas por semana para a qual acredita-se que a maioria dos

trabalhadores possa estar exposta repetidamente, dia após dia durante toda uma vida de trabalho sem sofrer efeitos adversos na saúde

O Limites de Exposição de Curta duração (TLV-STEL) é definido como um limite de exposição media ponderada em 15 minutos que não deve ser ultrapassado em qualquer momento da jornada de trabalho, mesmo que a concentração média ponderada (TWA) em 8 horas esteja dentro dos limites de exposição média ponderada. O TLV-STEL é a concentração na qual acredita-se que os trabalhadores possam estar expostos continuamente por um período curto sem sofrer irritação, lesão tissular crônica ou irreversível, efeitos tóxicos dose-dependente ou narcose em grau suficiente para aumentar a predisposição a acidentes, impedir o auto salvamento ou reduzir significativamente a eficiência no trabalho.

O limite de exposição valor teto é a concentração que não deve ser excedida em nenhum momento da exposição no trabalho (9)

2.4 Principais substâncias envolvidas na produção de Biodiesel

Durante a fabricação de Biodiesel, a partir de qualquer matéria prima considerada, são utilizados reagentes, catalisadores e outros produtos químicos que possuem características importantes do ponto de vista da segurança do trabalho, seja devido a sua inflamabilidade ou a características corrosivas ou de toxicidade. Neste trabalho nos concentraremos naquelas que apresentam maiores potências de risco, devido às quantidades manipuladas ou a alguma característica específica.

Alguns dos produtos químicos envolvidos na produção de Biodiesel são inflamáveis e quando estocados em grandes quantidades contribuem para um grande risco de incêndio ou explosão.

Outros fatores a serem considerados é que os óleos, de um modo geral quando aquecidos em excesso podem causar incêndios com certa facilidade e que a estocagem de grandes quantidades de óleo, seja como matéria prima, seja como produto acabado, acarreta numa potencial fonte de combustível para um incêndio.

2.4.1 Metanol

O metanol é um álcool de cadeia curta obtido a partir de madeira, gás natural ou carvão. É um líquido incolor, neutro e polar. É miscível com água, álcool, ésteres e vários outros solventes orgânicos. É levemente solúvel em óleos e gorduras.

A combustão do metanol gera chamas praticamente invisíveis, geralmente sem fumaça. Podem ser detectadas pelo calor gerado ou pela queima de materiais presentes na área afetada (10).

Alguns fatores econômicos justificam a escolha do metanol como principal reagente da indústria de Biodiesel, apesar de apresentar características de toxicidade maiores que a de outros alcoóis. Entre esses fatores pode-se citar a facilidade de recuperação (por não formar mistura azeotrópica com a água – como acontece com o Etanol, menos tóxico) e o preço mais competitivo (notadamente nos Estados Unidos).

Além desses fatores econômicos, algumas vantagens técnicas justificam a escolha do metanol como reagente na indústria de Biodiesel. Entre elas podemos citar que torna a reação mais previsível o ponto de vista de rendimento.

A exposição ocupacional ao metanol pode ocorrer de diversas formas, sendo a mais freqüente a inalação dos vapores da substância. Os limites de exposição considerados para o metanol são mostrados na tabela abaixo:

	TWA	STEL/TETO
Metanol	200 ppm	250 ppm

Quadro 1 - Limites de exposição para o Metanol. Fonte (9)

Em contato com os olhos, altas concentrações de vapor de metanol podem causar irritação e queimaduras.

A ingestão de metanol também é uma forma de exposição, que acarreta os mesmos sintomas da inalação, porém em um grau mais elevado, podendo chegar a ser fatal em função da quantidade ingerida (10).

O metanol pode causar envenenamento, acidose sistêmica, prejuízos ao nervo óptico e ao sistema nervoso central. Pode ainda causar dermatite, através da remoção da camada protetora da pele.

Os sintomas do envenenamento por metanol não dependem da rota de entrada da substância, mas costumam se apresentar em 3 estágios:

1. Efeito narcótico inicial seguido de
2. Um intervalo livre de sintomas durante 10 a 48 horas e
3. Sintomas não específicos como dores abdominais, náusea, dores de cabeça, vômitos, visão embaçada etc.

Como exemplo apresentado por BARSBY (11) podemos citar que :

- 1000 ppm produzem sintomas como irritação dos olhos e mucosas
- 5000 ppm resultam em sonolência e torpor
- 50000 ppm resultam em narcose (profunda ausência de consciência), podendo levar a óbito em uma ou duas horas

Devido a ser eliminado do organismo lentamente, assim como seus metabólitos, o metanol pode ser considerado como um veneno cumulativo

2.4.2 Glicerina

Quimicamente a Glicerina é um composto orgânico, da função álcool de fórmula C₃H₈O₃ também conhecida como Glicerol. Apresenta-se como um líquido incolor, viscoso, de odor característico e adocicado. (12)

É miscível com água álcool, insolúvel em éter, clorofórmio e em óleos fixos e voláteis. Apresenta ainda característica higroscópica.

A Glicerina é formada na reação de transesterificação para a obtenção de Biodiesel, sendo o principal subproduto dessa tipologia industrial

Devido a sua afinidade com o metanol a glicerina produzida arrasta consigo o excesso de metanol usado na reação. Este fato faz com que a fase glicerina produzida na indústria de biodiesel necessite ser purificada para a remoção de metanol.

Embora a glicerina isoladamente não se constitua num produto inflamável (porém é combustível) o fato de estar geralmente associada a certas quantidades de metanol, torna a mistura potencialmente perigosa, sendo possível observar diversas ocorrências de acidentes envolvendo esta mistura em diversas instalações industriais de Biodiesel

Os limites de exposição para a glicerina encontrados na publicação de ACGIH são mostrados a seguir:

	TWA	STEL/TETO
Glicerina, névoas	10 mg/m ³	-

Quadro 2 - Limites de exposição para a Glicerina – Fonte (9)

2.4.3 Metilato de Sódio

O metilato de sódio (também chamado de metóxido de sódio) é um sal sólido usado como catalisador na reação de transesterificação. Geralmente é usado em uma solução de 30% e seu uso tem sido preferido devido a eliminar uma etapa de purificação que existiria com o uso de outros catalisadores alcalinos.

Por ser geralmente apresentado na forma de uma solução de Metanol e Soda Cáustica o Metilato Sódio apresenta características corrosivas e de toxicidade, devendo ser manuseado com cuidados durante a produção de Biodiesel.

Os limites de exposição para essa substância não são conhecidos.

2.5 Segurança nas instalações industriais de Biodiesel

Analizando a questão de segurança operacional e erros humanos em instalações de Biocombustível, RIVERA e McLEOD (13) afirmam que a crença que em processos simples é impossível haver problemas ainda é difundida na indústria e um modo geral e mais ainda na indústria de bicompostíveis. Para estes autores na indústria de bicompostíveis a falta de experiência e a simplicidade de alguns processos são combinadas para formar um ambiente propício a erros.

Já ANDERSON (14) ressalta que a segurança de processos particularmente na indústria de biodiesel constitui-se num desafio não porque não se saiba como tornar o processo seguro, mas devido à visão do empreendedor sobre o que é realmente necessário em termos de segurança. Outro desafio segundo este autor é convencer os empreendedores da necessidade de programas de segurança mais abrangentes do que a engenharia do processo propriamente dita. Possuir uma instalação segura do ponto de vista de processo é o primeiro passo, mas manter essa instalação segura, num ambiente seguro e com procedimentos de emergência é um “trabalho de tempo integral”.

Nas instalações industriais existe uma série de trabalhos que oferecem riscos à segurança do trabalhador. Entre esses tipos de trabalho de risco podemos citar trabalhos em altura, em espaços confinados, trabalhos “a quente” como solda e oxicorte entre outros.

Alguns dos equipamentos envolvidos na fabricação de Biodesel (reatores, tanques, trocadores de calor, por exemplo) podem ser mantidos pressurizados, o que pode

resultar em explosões e incêndios. Também é necessário para a industria de processo a geração e distribuição de vapor, geralmente produzidos em caldeiras. Para este tipo de equipamento (caldeiras e vasos sob pressão) existe no Brasil norma regulamentadora NR 33 do Ministério do Trabalho e Emprego que deve ser seguida.

2.6 Explosões

Segundo o glossário técnico adotado pela CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (16) uma explosão pode ser entendida como um processo onde ocorre uma rápida e violenta liberação de energia, associado a uma expansão de gases acarretando o aumento da pressão acima da pressão atmosférica.

A mesma idéia é apresentada de uma forma pouco mais detalhada pela NFPA – National Fire Protection Association (17) que define explosão como uma conversão súbita de energia potencial (química ou mecânica) em energia cinética com a produção e liberação de gases sob pressão. Esses gases sob pressão realizam então trabalho mecânico, como movimentação, mudanças ou ruptura dos materiais próximos.

2.6.1 Tipos de Explosões

Existem basicamente dois tipos principais de explosão: mecânica e química, que podem ser subdivididas em vários subtipos. Esses tipos se diferenciam basicamente pela fonte ou pelo mecanismo que forma a pressão explosiva

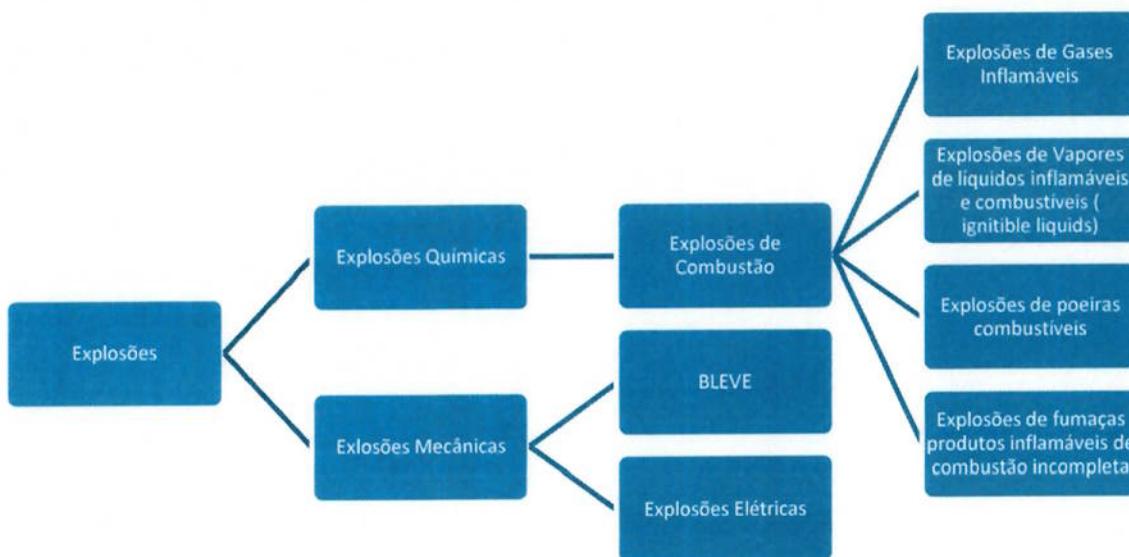


Figura 02 – Tipos de explosões

Numa explosão química a geração gases de alta pressão é resultante de reações exotérmicas onde a natureza química do combustível é alterada.

As explosões químicas podem envolver combustíveis sólidos ou misturas explosivas de combustíveis e oxidantes. Mais comuns são as explosões que envolvem gases, vapores ou poeiras misturados com ar. Essas reações de combustão são chamadas reações de propagação devido ao fato de ocorrer progressivamente através do reagente (combustível) com uma bem definida frente de fogo separando o combustível reagido e o não reagido.

O tipo mais comum de explosão química é a chamada explosão de combustão (em inglês “combustion explosions”). São aquelas causadas pela queima de hidrocarbonetos combustíveis. São caracterizadas pela presença de um combustível e ar como oxidante. Vale lembrar que explosões de combustão também podem envolver poeiras.

Neste tipo de explosão, as altas pressões são geradas pela rápida queima do combustível e a rápida produção de grandes volumes de subprodutos gasosos de combustão e gases aquecidos.

As explosões mecânicas são aquelas nas quais um gás em alta pressão cria uma pressão interna dentro de um recipiente que contém a massa de uma substância e produz uma reação e efeito puramente físico, sem alteração ou transformação química da matéria.

Existem ainda as chamadas explosões elétricas. Arcos elétricos de alta energia podem gerar calor suficiente para aquecer rapidamente os gases ao seu redor gerando então explosões mecânicas, que podem ou não gerar fogo. O trovão que se segue à descarga elétrica de um raio é um exemplo de explosão elétrica.

O BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) é uma explosão de gás ou vapor em expansão proveniente de um líquido em ebulição. Quando um fluido é mantido confinado em um recipiente acima de seu ponto de ebulição, a pressão interna pode ficar bem acima da pressão atmosférica, de forma que se houver uma ruptura do vaso que contém o fluido (por exemplo pelo enfraquecimento das paredes devido a um incêndio, ou a um choque mecânico) haverá uma rápida expansão do fluido, com a projeção de fragmentos do vaso. Caso o fluido seja inflamável e houver a presença de uma fonte de ignição externa, poderá ocorrer uma “bola de fogo”.

Pode-se ainda citar um outro importante tipo de explosão, a explosão nuclear, que é aquela em que as altas pressões são criadas pela enorme quantidade de calor liberada na fusão ou fissão de núcleos atômicos.

Dados de 84 explosões e incêndios reunidos durante 5 anos foram apresentados na forma de proporção, estes dados são reproduzidos na tabela abaixo, extraída de LEES (18)

Tabela 01 – Tipos de acidentes envolvendo explosões e incêndios - reproduzida de LEES (18)

Tipo	Proporção (%)
Explosão no interior de equipamentos devido à entrada de ar	11
Explosão no interior de equipamentos devido a reações fora de controle ou decomposição explosiva	23
Explosões fora de equipamentos, mas no interior de prédios	24
Explosões em áreas abertas	3
Rompimento de vasos (devido à corrosão, sobreaquecimento ou sobrepressão)	7
Incêndios	32
 Total	 100

3 Materiais e Métodos

A metodologia deste trabalho consiste em coletar dados publicados sobre acidentes relacionados à produção industrial de Biodiesel e a partir destas informações proceder uma classificação quanto ao tipo destes acidentes.

Para o levantamento de dados serão pesquisadas basicamente em fontes de órgãos de imprensa, disponíveis na Internet. Estas fontes constituem-se em sites especializados em biodiesel ou em segurança do trabalho e em sites de órgãos de imprensa, como jornais e emissoras de TV.

Uma característica importante a ser lembrada em relação a essas fontes (órgãos de imprensa) é que as informações apresentadas são geralmente superficiais e abordam de forma mais intensa as consequências dos acidentes, raramente apresentando uma análise aprofundada das causas. De uma forma geral o noticiário se concentra em relatos de partes externas a indústria, como Corpo de Bombeiros, comunidades vizinhas e autoridades locais.

Há que se considerar nestes casos que a maioria dos resultados encontrados não provem de imprensa especializada ou técnica, mas do noticiário em geral. Também é válido afirmar que são geralmente restritas a informações quantitativas sobre perdas (materiais ou não).

Uma vez constituído um conjunto de diversos casos de acidentes, serão extraídas de cada um dos casos informações que permitam agrupá-los e também verificar pontos de semelhança entre eles. Algumas características relativas aos acidentes serão então tabuladas de forma a proporcionar base de comparação para o estudo. Essas características são basicamente de quatro tipos :

- Referente ao tipo de acidente (explosão seguida ou não de incêndio, incêndio, vazamento etc.)
- Referente às substâncias envolvida
- Referentes à atividade sendo desenvolvida no momento do acidente.

- Referente à existência de vítimas

Face à falta de informações consistentes sobre as causas dos acidentes estudados, não será feita nenhuma abordagem relativa às classificações clássicas de causas de acidentes.

Para permitir a uniformização das informações coletadas e a comparação entre as diversas informações coletadas foi elaborada uma tabela com as principais informações de cada caso. A tabela utilizada é apresentada no Apêndice A

4 Resultados

O levantamento realizado em sites de busca da internet revelou um conjunto de 22 acidentes com repercussão em mídia local ou nacional envolvendo explosões, incêndios e vazamentos em indústrias de Biodiesel.

Os 22 casos estudados são descritos a seguir. Uma tabulação dos mesmos pode ser encontrada no Apêndice A. O Apêndice B mostra os diversos tipos de fontes (jornais, revistas, emissoras de TV etc) associados a cada caso levantado.

4.1 Caso 01 – Formosa – Goiás, Março de 2009

Explosão seguida de incêndio em tanque de glicerina com capacidade de 1.000.000 de litros (o tanque continha no momento do acidente cerca de 50.000 litros de produto. Durante uma operação de solda houve explosão do tanque, causando a morte de 3 pessoas.



Figura 03 - Vista de tanques após o incêndio em Formosa

4.2 Caso 02 –Cuiabá – Mato Grosso, Agosto de 2009

Explosão seguida de incêndio em um container de 4.000 litros, usado para a produção de catalisador (metilato de sódio). O acidente causou 3 vítimas, sendo uma delas fatal. Segundo a imprensa local a suspeita é que um curto circuito na parte elétrica do equipamento tenha causado a explosão.



Figura 04 – Veiculo do corpo de bombeiros após o acidente em Cuiabá

4.3 Caso 03 – Chicago – Illinois (EUA), Julho de 2009

Explosão num tanque de mistura em instalação industrial de produção de Biodiesel e óleos vegetais. Foram feridas duas pessoas, o operador de instalação e o motorista do caminhão. Os produtos envolvidos segundo a imprensa local eram Nitrogênio, Ácido Sulfúrico e Glicerina. A explosão lançou fragmentos a um quarteirão de distância. Oito trabalhadores estavam no prédio onde a explosão ocorreu, e nada sofreram. Dezenove outras pessoas que estavam em uma estação de trens nas proximidades da indústria procuraram atendimento médico com queixas de irritações respiratórias e cutâneas.



Figura 05 – Vista parcial dos tanques em acidente de Chicago

4.4 Caso 04 – Defiance – Ohio (EUA), Janeiro de 2008

Explosão com 4 feridos. Oficiais do corpo de bombeiros local atribuíram o acidente a erro humano, devido a uma abertura na escotilha de um tanque de armazenamento contendo glicerina. Uma faísca proveniente de motor elétrico provavelmente entrou em contato com vapores de metanol que escaparam por essa escotilha. Três trabalhadores sofreram queimaduras, um deles de terceiro grau.

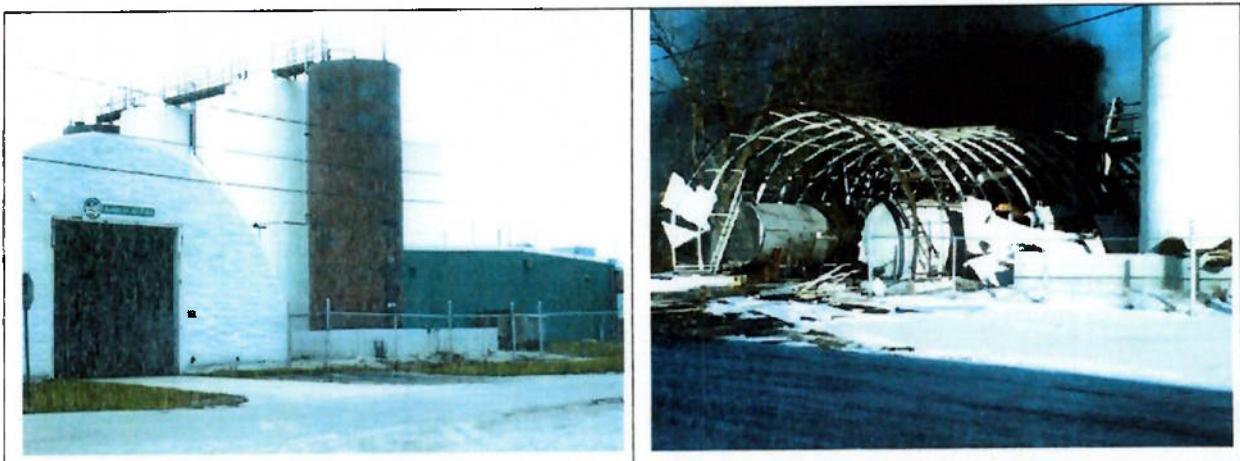


Figura 06 – Instalações da industria antes e depois do acidente em Defiance

4.5 Caso 05 – New Plymouth – Idaho (EUA), Junho de 2006

Explosão de um tanque metálico de capacidade para 25000 galões. O tanque continha entre 30 e 40 galões de uma mistura de glicerina com metanol. A explosão ocorreu durante a instalação de uma tubulação de 2 polegadas que serviria como vent (respiro) do tanque.

4.6 Caso 06 – Bakersfield – California (EUA), Fevereiro 2006

Incêndio nas imediações da fábrica durante a transferência de metanol. O produto de um vazamento entrando em contato com uma fonte de ignição (provavelmente eletricidade estática) causou incêndio do lado de fora do prédio industrial que se alastrou para seu interior causando várias horas de incêndio que resultaram na

paralisação completa das atividades da indústria. Não houve vítimas. Outra versão dada pelo acionista da indústria informa que um container de metanol originou o incêndio ao ser transportado próximo a fabrica.

RIVERA e McLEOD (13) analisaram o caso em questão e apresentaram a seguinte seqüência de eventos.

- A fábrica estava a plena produção
- Dois operadores carregavam metanol em recipientes de 1 tonelada
- Um dos recipientes sofre uma queda
- O alumínio do recipiente toca o concreto do piso
- Uma faísca é gerada pelo atrito da queda do recipiente
- Um pequeno vazamento ocorre e é sofre ignição
- Os operadores paralisam a atividade de fábrica
- São usados extintores de incêndio da fábrica
- Os extintores falham
- O corpo de bombeiros é acionado
- A fábrica queima por várias horas
- Plumas de fumaça não toxica podem ser vistas a grande distancia.

Os mesmos autores listam ainda as conseqüências:

- Não há vítimas
- Toda a fábrica é destruída pelo fogo
- Alguns recipientes de biodiesel e de metanol não são consumidos no incêndio
- Nenhuma outra edificação é afetada, devido a distância entre estas e a fábrica
- Houve perda total dos equipamentos e edificações da fábrica.

Os autores citados apontam ainda nesse caso que houve erros relativos a deficiência do aterramento dos tanques (erro de omissão), manipulação deficiente durante a transferência de metanol (negligência) e uso de tanques metálicos com vedações inseguras (erro de comissionamento).

4.7 Caso 07 – Canby – Oregon (EUA), Junho de 2006

Um incêndio maior ocorreu após o derretimento de tanques plásticos de biodiesel. Foram encontrados pelos bombeiros cerca de 500 galões de biodiesel que foram consumidos no incêndio e outros 300 galões de metanol que não foram atingidos. O proprietário da instalação informa que a causa do incêndio foi um curto circuito na instalação elétrica de seu escritório.



Figura 07 – Instalação destruída em Canby

4.8 Caso 08 – Spanish Forks – Utah (EUA), Julho de 2007

Incêndio causado por um defeito mecânico em uma linha de transferência de metanol para a seção de reação. O incêndio ficou confinado à bacia de contenção do reator.

4.9 Caso 09 – Augusta – Georgia (EUA), Agosto 2007

Explosão ocorrida durante a solda de um medidor de vazão no alto de um tanque. O tanque era usado para armazenagem de metilato de sódio e estava vazio no momento da solda. Um dos donos da indústria alega que o tanque foi avaliado minutos antes do inicio do trabalho.



Figura 08 – Imagem de noticiário local sobre acidente em Augusta

4.10 Caso 10 – Lenoir – Carolina do Norte (EUA), Agosto 2007

Tanques de matéria prima foram destruídos por um incêndio dois dias após o fechamento da indústria. Sem informações sobre as causas do incêndio.



Figura 09 – Vista parcial da fábrica atingida por incêndio em Lenoir

4.11 Caso 11 – Princess Anne – Maryland (EUA), Maio de 2008

Explosão ocorrida durante a instalação de uma linha de metano. Uma linha de gás foi atingida por faíscas de solda.

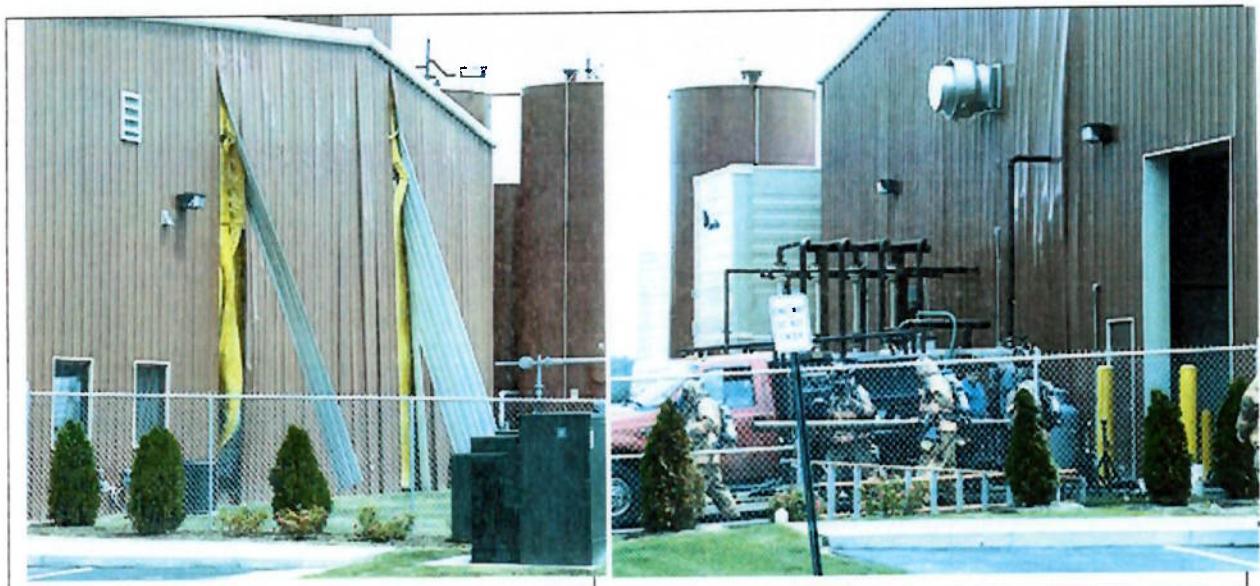


Figura 10 Vistas do galpão aingido pela explosão em Princess Anne

4.12 Caso 12 – Decaturville – Tennessee (EUA), Agosto de 2008

Explosão seguida de incêndio de uma fábrica de Biodiesel que estava fora de operação há 4 meses. As causas são desconhecidas, o proprietário informa que havia metanol estocado na fábrica.



Figura 11 –Vistas da fábrica destruída em Decaturville

4.13 Caso 13 – York – Dakota do Norte (EUA), Agosto 2008

Incendio. Sem maiores informações sobre as causas.

4.14 Caso 14 – Gadsten –Alabama (EUA), Setembro de 2008

Explosão em equipamento de conversão de biodiesel. Devido a uma falha no controle de aquecimento houve uma pequena explosão causando uma ruptura no topo do equipamento.



Figura 12 – Vista de equipamento atingido em Gadsten

4.15 Caso 15 – Clinton – Iowa (EUA), Setembro de 2008

Incendio numa coluna de recuperação de biodiesel. A causa provável foi a emanação de vapores de metanol durante um processo de ventilação em uma atividade de manutenção.

4.16 Caso 16 – Houston – Texas (EUA), Fevereiro de 2009

Incêndio causado por uma falha num selo mecânico de uma bomba associada a uma unidade de aquecimento do processo.

4.17 Caso 17 – Brewster – Minnesota (EUA), Maio de 2009

Incendio nas áreas de armazenamento e expedição de óleo de soja e biodiesel. Não ocorreram explosões. As áreas envolvidas estavam distantes das áreas de produção e os prejuízos ficaram limitados ao equipamento de carregamento de Biodiesel e ao isolamento do tanque de biodiesel e óleo de soja. A população vizinha foi removida de suas casas pelas autoridades locais.



Figura 13 – Foto do combate ao incêndio em Brewster

4.18 Caso 18 – Toledo – Ohio (EUA), Junho de 2009

Falha em uma válvula de controle de vácuo levou um vaso de refino de Biodiesel a implodir, causando um incêndio.

4.19 Caso 19 – St. Cloud – Flórida (EUA), Agosto de 2009

Explosão seguida de incêndio em containeres de Metanol, Biodiesel e Ácido sulfúrico. As causas não foram informadas.



Figura 14 – Diferentes vistas da fábrica atingida em St. Cloud

4.20 Caso 20 – Savannah – Georgia (EUA), Outubro de 2009

Explosão em um reator de Biodiesel.



Figura 15 – Vista do galpão atingido pela explosão do reator em Savannah

4.21 Caso 21 – Houquian – Washington, Fevereiro de 2009

Tanque contendo glicerina aquecida foi excessivamente pressurizado e rompeu, causando a mistura da glicerina com o ar frio e criando uma imensa nuvem de vapor. Os estilhaços desta primeira explosão atingiram um tanque de ácido sulfúrico, provocando vazamento desta substância. Segundo o porta-voz da empresa, não houve fogo na explosão.

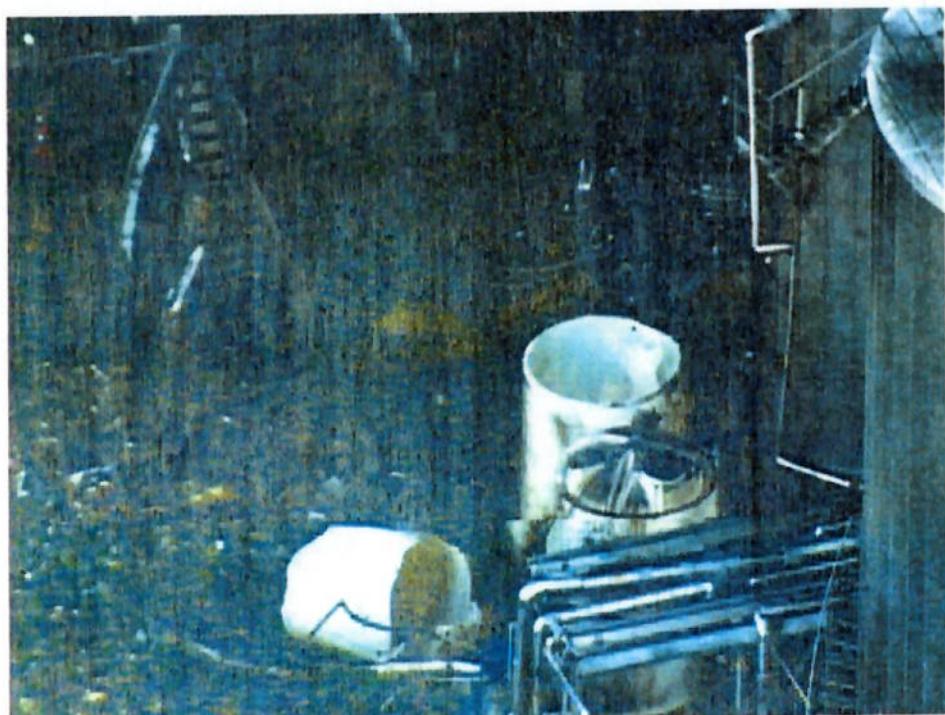


Figura 16 – Vista aérea de tanques destruídos pela explosão em Houquian

4.22 Caso 22 – High River – Canadá, Abril de 2008

Explosão durante atividade de solda em um tanque de decantação de Biodiesel. O tanque incendiou por várias horas após a explosão.



Figura 17 – Vista de galpão atingido pela explosão em High River

Os casos estudados foram divididos em três tipos principais: explosões, explosões seguidas de incêndio e incêndios. A distribuição dos casos nestes três tipos é representada no gráfico a seguir:

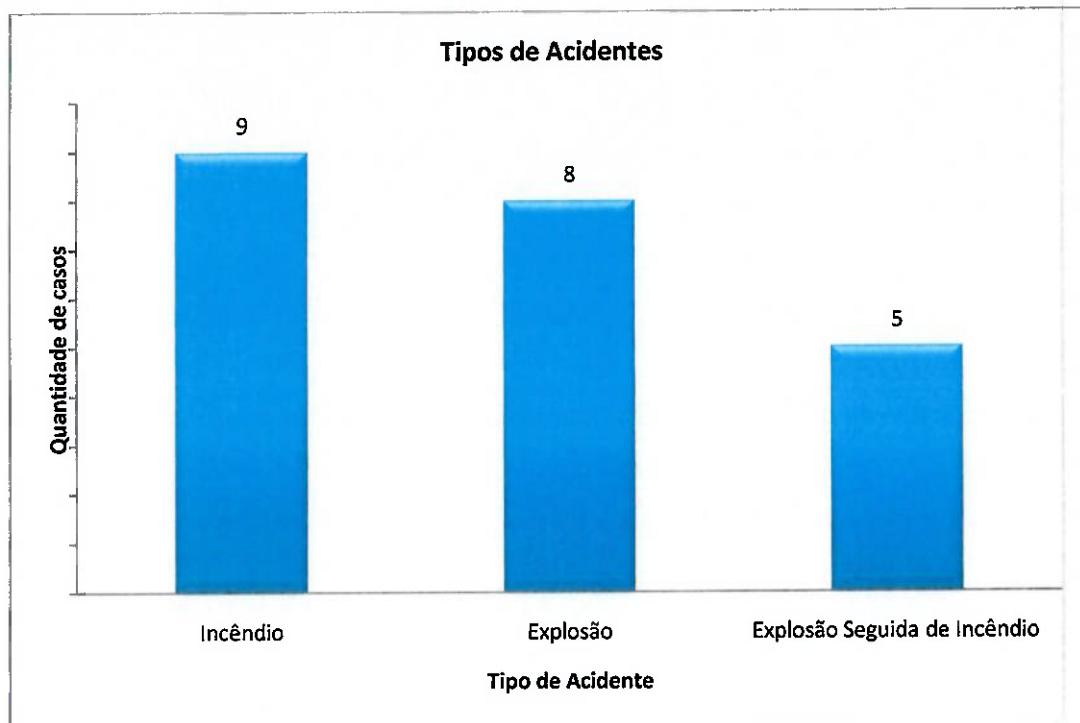


Gráfico 01 – Distribuição dos tipos de acidente

Entre os diferentes casos estudados foram diferentes as substâncias envolvidas. O gráfico abaixo mostra a distribuição destas substâncias.

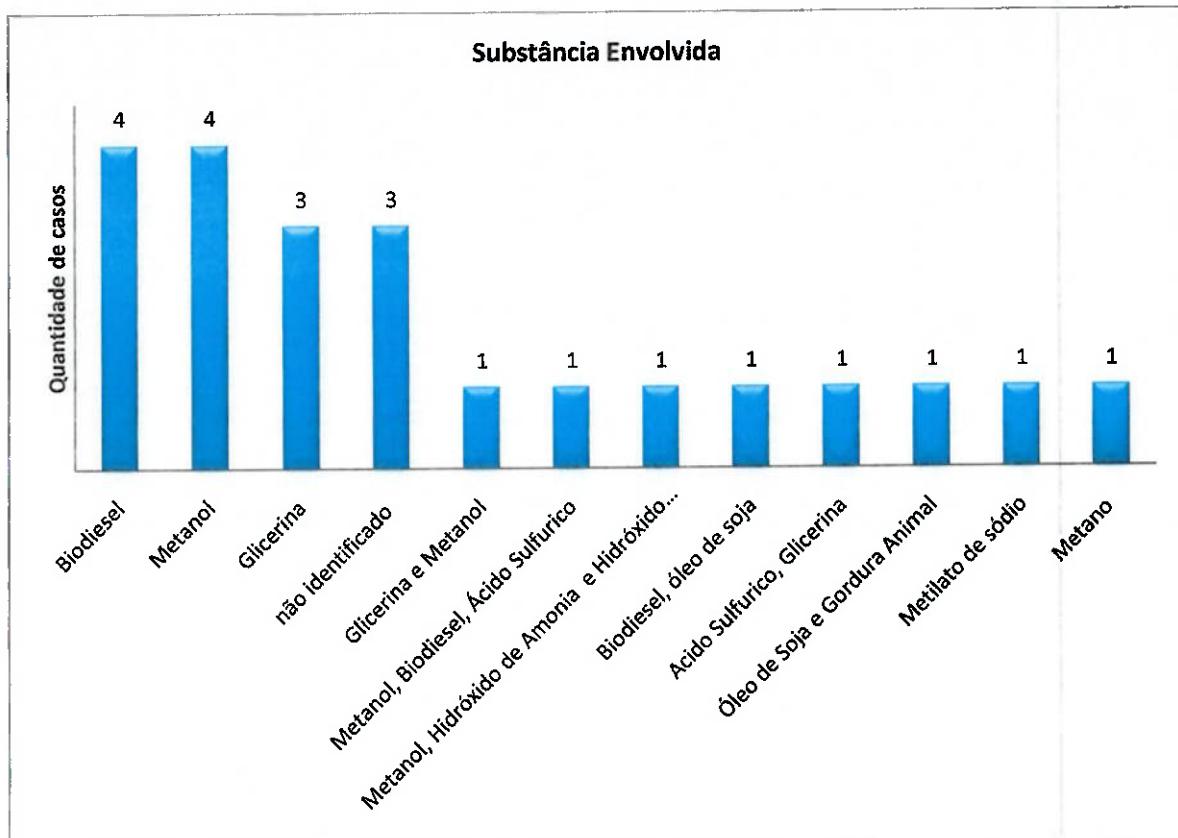


Gráfico 02 - Substâncias envolvidas nos casos estudados

Uma observação do gráfico acima permite afirmar que as substâncias Biodiesel, Metanol e Glicerina estiveram envolvidas em 18 dos 22 casos apresentados conforme pode ser visto na tabela abaixo:

Tabela 03 Casos envolvendo Metanol, Glicerina e Biodiesel

Substância	Casos	Total de casos
Metanol	02,05,06,08,12,15,19	7
Biodiesel	07,14,17,19,20,22	6
Glicerina	01,03,04,05,21	5

As atividades sendo executadas que podem ser relacionadas com os acidentes apresentaram o seguinte resultado:

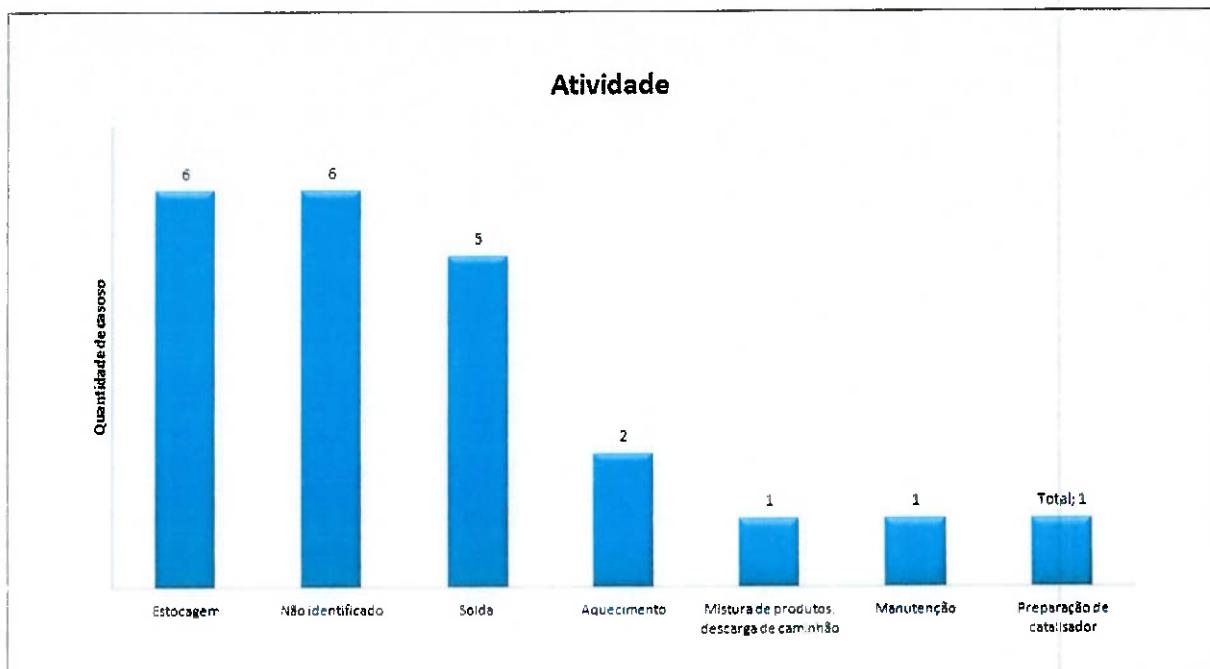


Gráfico 03 Atividade sendo realizada no momento do acidente

Do universo estudado, podemos verificar o seguinte resultado para a distribuição entre os acidentes com e sem vítimas:

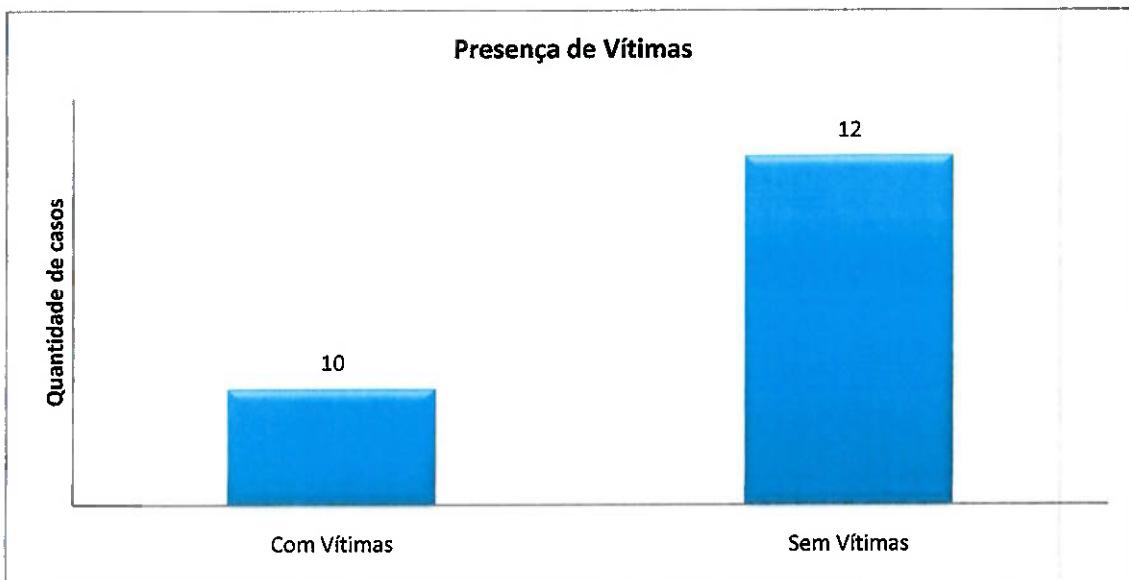


Gráfico 04 - Ocorrência de vítimas nos casos estudados

Os resultados permitem ainda relacionar no universo de casos identificados o número de vítimas com o tipo de acidente e o país de ocorrência, conforme o gráfico a seguir:

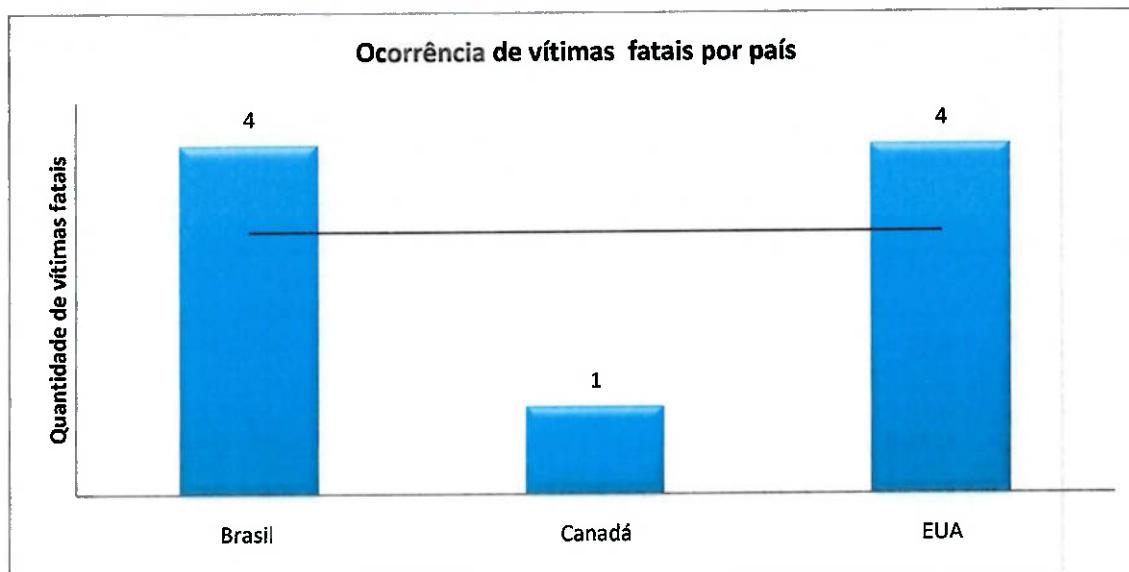


Gráfico 05 - Ocorrência de Vítimas por tipo país nos casos estudados

5 Discussões

Os resultados permitem a discussão dos seguintes pontos.

- a) O tempo decorrido entre os casos estudados foi de aproximadamente 44 meses (1335 dias), neste período compreendido entre 17 de fevereiro de 2006 (caso 006) e 14 de outubro de 2009 (caso 020) podemos observar que houve um acidente grave envolvendo vítimas ou prejuízos materiais a cada dois meses numa instalação industrial de produção de Biodiesel.
- b) O número de vítimas neste período, considerando o universo estudado foi de 18 pessoas, das quais 9 foram vítimas fatais. Considerando-se apenas os casos ocorridos no Brasil teremos 4 vítimas fatais.
- c) No universo estudado houve uma predominância de incêndios, dissociados em muitos casos da ocorrência de explosões (9 casos). Porém nota-se que ocorreram explosões em 13 casos. Em dois dos casos observados (casos 014 e 021) pode-se notar a ocorrência de explosão física.
- d) A substancia Metanol esteve presente em 7 casos, sendo que em 4 deles (casos 002, 005, 012 e 019) ocorreram explosões seguidas ou não de incêndios. Este número reforça a percepção corrente na industria que o metanol é a substancia que exige maiores cuidados no manuseio, estocagem e nos procedimentos internos de segurança. Porém não deve ser deixada em segundo plano a substancia Glicerina. Por suas características físicas seria razoável supor que esta substancia é menos "perigosa" do que o metanol. Porém no processo de fabricação de Biodiesel o manuseio e armazenagem da Glicerina revelam-se potencialmente mais perigosos, uma vez que quase a totalidade da Glicerina gerada e estocada nas fábricas de Biodiesel contem algum teor de Metanol, o que confere a essa mistura um potencial maior de explosões e incêndios.
- e) A despeito da falta de dados suficientes sobre as atividades sendo executadas no momento do acidente nos casos apresentados, podemos notar que a maioria dos casos onde foi possível identificar uma atividade, esta atividade foi de solda (trabalho a quente) ou de estocagem. O gráfico abaixo permite uma análise deste fato

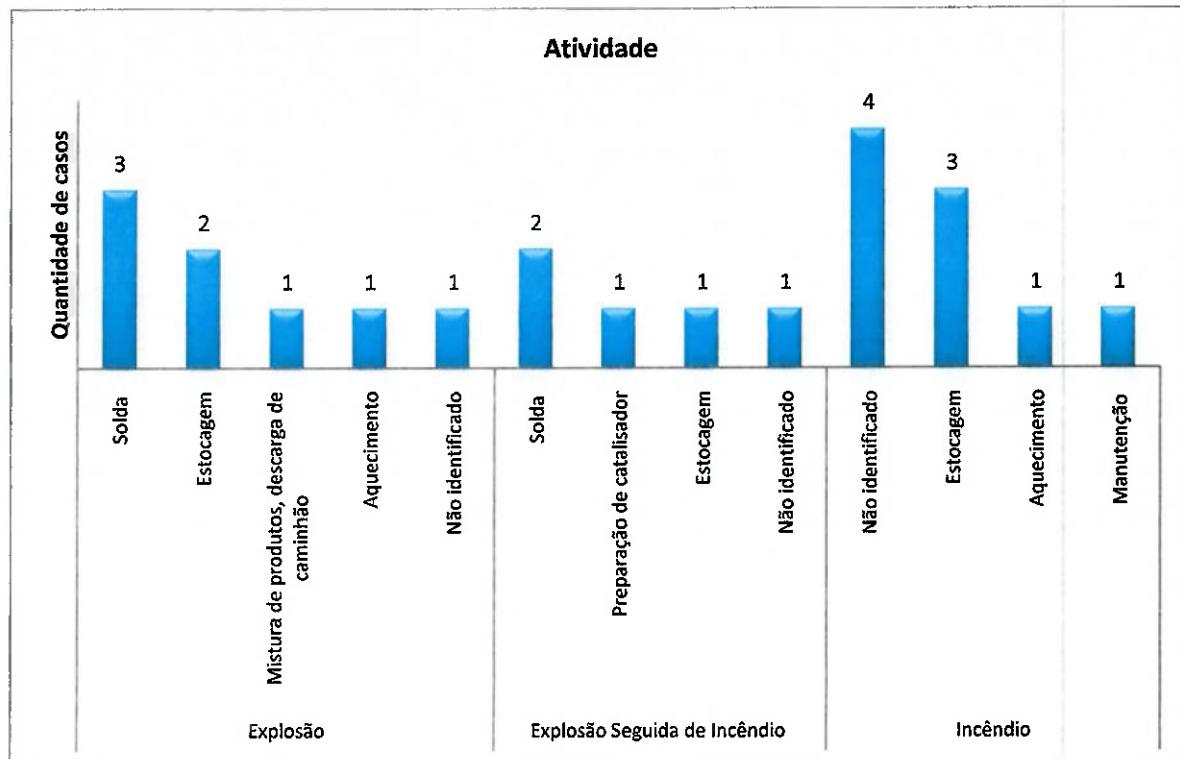


Gráfico 06 – Atividade por tipo de acidente.

A atividade de solda (trabalho a quente) esteve associada a maior parte das explosões seguidas ou não de incêndios enquanto nos casos onde houve apenas incêndio e foi possível identificar uma atividade o armazenamento prevaleceu. Ou seja, a ocorrência de incêndios tem sido freqüente em áreas de armazenamento independente da existência de trabalho a quente. Motivos para isto podem ser associados a falhas em sistemas de inertização, descargas elétricas (naturais ou não) e a existência de fontes de ignição em presença de material combustível. Corrobora esta idéia o fato de que em alguns casos (casos 010 e 012) em instalações que estavam desativadas no momento do acidente

6 Conclusões

O levantamento realizado em diversas fontes indica que a ocorrência de sérios acidentes envolvendo explosões em instalações industriais de produção de Biodiesel é uma realidade, havendo para esta tipologia industrial um histórico de graves acidentes envolvendo explosões e incêndios tendo em alguns casos, com vítimas fatais.

Desta forma o objetivo proposto de mostrar que a produção em escala industrial de Biodiesel possui um histórico de graves acidentes foi alcançado.

A análise de um universo de acidentes ocorridos em várias fábricas desse tipo, tanto no Brasil quanto em outros países, aponta para um número maior desses acidentes relacionados às substâncias Metanol, Glicerina e Biodiesel em trabalhos envolvendo trabalhos a quente (soldas) e armazenamento dessas substâncias.

A relativamente jovem indústria do Biodiesel tem no conhecimento dos perigos e riscos que traz em seu interior um desafio a ser vencido em prol da segurança.

Este fato nos permite algumas recomendações pertinentes a trabalho a quente estocagem:

6.1 Recomendações para trabalho a quente.

Adoção de procedimentos de liberação de áreas, linhas e equipamentos antes da execução de qualquer trabalho a quente. Esta liberação deve incluir os procedimentos de isolamento de área, de medição prévia das condições de explosividade no ambiente e no interior de equipamentos e estruturas.

Também é pertinente a adoção de Procedimentos de limpezas de linhas e equipamentos de modo a garantir que o interior de equipamentos e tubulações onde será realizado o trabalho a quente esteja isento de potenciais vapores que tornariam a atmosfera explosiva. Pode-se empregar para isso a técnica de fazer passar pela linha ou equipamento de interesse uma corrente de vapor de baixa pressão para que este arraste os potenciais vapores ou gases que estejam presentes

Procedimentos para a proteção das instalações de forma a evitar que resíduos de solda tais como borras, fagulhas etc entrem em contato com superfícies de líquidos inflamáveis ou vapores destes. Isto pode ser obtido com o emprego de anteparos, barreiras não combustíveis, etc.

6.2 Recomendações para estocagem de produtos

Quanto à estocagem propriamente dita as recomendações são basicamente a correta instalação do sistema de aterramento de tanques, de modo a evitar descargas elétricas indesejadas e a inertização onde necessário de tanques com o uso de gás Nitrogênio,

A observação de normas de instalações elétricas e de distância entre tanques é de grande importância na prevenção de explosões e incêndios

Na descarga de líquidos a granel, por exemplo a partir de caminhões tanques, somente se deve permitir que essa atividade seja iniciada após a verificação do aterramento da carreta.

Os sistemas de combate a incêndio devem ser adequadamente projetados operados de forma a suprir as necessidades de cada unidade. Aliado a esses sistemas as empresas devem manter uma brigada de emergência capaz de atuar em princípios de incêndio antes que estes tomem proporções maiores.

A gravidade e freqüência dos casos apresentados permite concluir que a indústria de Biodiesel tem um caminho de aprendizado em questões de segurança, sendo cada vez mais importante a criação de sistemas de gerenciamento de segurança, análises de riscos e outros procedimentos pertinentes à segurança industrial de suas fábricas.

7 Referências

- (1) BIODIESELBR.COM. São Paulo. Biodiesel combustível renovável e ambientalmente correto. Disponível em:<<http://www.biodieselbr.com/destaques/2005/combustivel-renovavel.htm>>. Acesso em 18 de março de 2010
- (2) AGENCIA NACIONAL DE PETROLEO GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Boletim Mensal de Biodiesel. Disponível em : <<http://www.anp.gov.br>> . Acesso em 18 de março de 2010
- (3) AGENCIA NACIONAL DE PETROLEO GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS ANP.Resolução n.º 7 de 19 de março de 2008
- (4) CAREY, F.A. Organic Chemistry. 4.th edition. New York. McGraw Hill. 2000. 1017 p.
- (5) OLIVEIRA, L.B. Potencial de aproveitamento energético de lixo e de biodiesel de insumos residuais no Brasil . 237 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004
- (6) VAN GERPEN, J.; SHANKS, B.; PRUSZKO, R. Biodiesel Production Technology, Golden, CO.. National Renewable Energy Laboratory, 2002. 110p.
- (7) MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Norma Regulamentadora nº 20 – Líquidos combustíveis e Inflamáveis
- (8) CALÇA, J.R.R. Proteção contra incêndios e explosões. Universidade de São Paulo, 2009. Apostila da disciplina Proteção contra incêndios e explosões do curso de engenharia de segurança do trabalho de Prevenção de explosões B, EST204B. São Paulo. Epusp EAD/PECE. 221p.
- (9) AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS ACGHI TLVs e BEIs baseados na documentação dos Limites de exposição ocupacional para substâncias químicas e agentes físicos... 1^o Edição. [S.I.]. 2007. 280p

- (10) METHANEX Technical Information & Safe Handling Guide for Methanol. Version 3.0. [S.I.] 2006. 34p
- (11) BARSBY, C. Methanol Brochure Alberta Gas Chemicals Ltd. Technical memo No.850220, 1985
- (12) CAREY, F.A. Organic Chemistry. 4.th edition. New York. McGraw Hill. 2000. 1017 p.
- (13) RIVERA S.S.;MCLEOD N. Human Error in Biofuel Plants Accidents In Proceedings of the World Congress in Engineering , 2008 Vol II WCE 2008, Londres
- (15) MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Norma Regulamentadora n° 13
- (16) COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO CETESB. São Paulo. Glossario . Disponível em :
<<http://www.cetesb.sp.gov.br/Emergencia/riscos/estudo/glossario.asp>>. Acesso em 10 de fevereiro de 2010
- (17) NATIONAL FIRE PREVENTION ASSOCIATION NFPA. 921 Guide for fire and explosion investigations 2008 edition. Disponível em:
http://www.nfpa.org/freecodes/free_access_document.asp?id=92108. Acesso em 10 de fevereiro de 2010
- (18) LEES, F.P. Loss Prevention in the Process Industries. 2nd Edition. New York. Butterworth-Heinemann. 1996.1309p

APÊNDICE A – Tabulação dos dados referentes aos casos estudados

Caso n°	Data	País	Cidade	Tipo	Substancia envolvida	Atividade realizada	Vítima	Vítimas Fatais
1	23/3/2009	Brasil	Formosa - GO	Explosão Seguida de Incêndio	Glicerina	Solda	3	3
2	20/8/2009	Brasil	Cuiabá - MS	Explosão Seguida de Incêndio	Metanol, Hidróxido de Amônia e Hidróxido de sódio	Preparação de catalisador	2	1
3	17/7/2009	EUA	Chicago-Helenos	Explosão	Acido Sulfúrico, Glicerina	Mistura de produtos, descarga de caminhão	2	0
4	3/1/2008	EUA	Defiance Ohio	Explosão	Glicerina	Não identificado	4	0
5	7/6/2006	EUA	New Plymouth, Idaho	Explosão	Glicerina e Metanol	Solda	1	1
6	17/2/2006	EUA	Bakersfield - California	Incêndio	Metanol	Não identificado	0	0
7	23/6/2006	EUA	Canby - oregon	Incêndio	Biodiesel	Estocagem	0	0
8	25/7/2007	EUA	Spanish Fork - Utah	Incêndio	Metanol	Não identificado	0	0
9	21/8/2007	EUA	Augusta - Geórgia	Explosão	Metilato de sódio	Solda	1	1
10	25/8/2007	EUA	Lenoir - Carolina do Norte	Incêndio	Óleo de Soja e Gordura Animal	Estocagem	0	0

Caso n°	Data	País	Cidade	Tipo	Substância envolvida	Atividade realizada	Vítima	Vítimas Fatais
11	18/5/2008	EUA	Princess Anne, MD	Explosão	Metano	Solda	2	1
12	15/8/2008	EUA	Decaturville - Tennessee	Explosão Seguida de Incêndio	Metanol	Estocagem	0	0
13	27/8/2008	EUA	York - Dakota do Norte	Incêndio	Não identificado	Não identificado	0	0
14	18/9/2008	EUA	Gadsten - Alabama	Explosão	Biodiesel	Aquecimento	0	0
15	30/9/2008	EUA	Clinton - Iowa	Incêndio	Metanol	Manutenção	1	1
16	9/2/2009	EUA	Houston - Texas	Incêndio	não identificado	Aquecimento	0	0
17	24/5/2009	EUA	Brewster - Minnesota	Incêndio	Biodiesel, óleo de soja	Estocagem	0	0
18	15/6/2009	EUA	Toledo - Ohio	Incêndio	não identificado	Não identificado	0	0
19	26/8/2009	EUA	St. Cloud - Flórida	Explosão Seguida de Incêndio	Metanol, Biodiesel, Ácido Sulfúrico	Não identificado	0	0
20	14/10/2009	EUA	Savannah - Georgia	Explosão	biodiesel	Estocagem	1	0

Caso n°	Data	País	Cidade	Tipo	Substância envolvida	Atividade realizada	Vítima	Vítimas Fatais
21	12/2/2009	EUA	Hoquian Washington	Explosão	glicerina	Estocagem	0	0
22	16/4/2008	Canadá	High River	Explosão Seguida de Incêndio	biodiesel	Solda	1	1

APÊNDICE B – Endereços eletrônicos relacionados aos casos estudados

Caso n°	Fonte Consultada	Endereços Eletrônicos
1	Jornal O Globo	http://oglobo.globo.com/pais/cidades/mat/2009/03/24/explosao-em-tanque-de-industria-de-biodiesel-mata-tres-trabalhadores-em-goias-754965647.asp
2	Jornal Folha de São Paulo	http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u612412.shtml
	Site BiodieselBr.com:	http://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/curto-circuito-causado-explosao-fabrica-biodiesel-cuiaba-20-08-09.htm
3	Site Chicago Breaking News Center:	http://www.chicagobreakingnews.com/2009/07/possible-explosion-at-west-side-building.html?track=email-alert-breakingnews
4	Site Biodiesel Magazine Site Rede ABC de televisão – WTVG-TV Toledo, Ohio:	http://www.biodieselmagazine.com/article.jsp?article_id=2319 http://abclocal.go.com/wtvg/story?section=news/local&id=5868935
5	Site Biodiesel Magazine.com Site emissora local KTVB:	http://www.biodieselmagazine.com/article.jsp?article_id=1028 http://www.ktvb.com/news/localnews/stories/ktvbn-jul1406-explosion_cause.113ae8b1.html
6	Site Biodiesel Magazine.com:	http://www.biodieselmagazine.com/article.jsp?article_id=830
7	Site Salen News: Blog Biodieselnow: Jornal Portland Tribune:	http://www.salem-news.com/articles/june242006/biodiesel_fire_62406.php http://www.biodieselnow.com/american Regional biodiesel1/f/43/p/10219/66476.aspx http://www.portlandtribune.com/news/story_2nd.php?story_id=115223036291292200
8	Site ALLBUSINESS : Site Biodiesel Magazine	http://www.allbusiness.com/services/business-services/4530312-1.html http://www.biodieselmagazine.com/article.jsp?article_id=4055&q=&page=2
9	Site Emissora de TV local WRDW.com Site Biodiesel Magazine	http://www.wrdw.com/home/headlines/9301906.html http://www.biodieselmagazine.com/article.jsp?article_id=4055&q=&page=2

Caso nº	Fonte Consultada	Endereços Eletrônicos
10	Site Biodesel Magazine:	http://www.biodeselmagazine.com/article.jsp?article_id=4055&a=&page=2
11	Site Emissora local WOBC: Emissora local WJZ:	http://www.wboc.com/Global/story.asp?S=8342935 http://wjz.com/local/bio.diesel.plant.2.726871.htm
12	Site Emissora Local Channel 5:	http://www.newschannel5.com/Global/story.asp?S=8849949
13	Site Biodesel Magazine	http://www.biodeselmagazine.com/article.jsp?article_id=2716
14	Site emissora local:	http://www.abc3340.com/news/stories/0908/554372.html
15	Site The Free Library: Site Biodesel Magazine: Jornal local Clinton Herald	http://www.thefreelibrary.com/Nova+Biosource+Fuels+Provides+Update+About+Fire+at+Clinton+Biodesel...-a0186261291 http://www.biodeselmagazine.com/article.jsp?article_id=2824 http://clintonherald.com/local/x211862261/Downturn-hits-Clinton-biodesel-plant
16	Site All Business:	http://www.allbusiness.com/energy-utilities/renewable-energy-biofuels/11777671-1.html
17	Emissora local KSFY Site Soyatech Jornal The Daily Globe – Worthington Minnesota	http://www.ksfy.com/news/local/45969532.html http://www.soyatech.com/news_story.php?id=13992 http://www.dglobe.com/event/search/order/date/keywords/biodesel%20fire
18	Jornal The Toledo Blade	http://www.toledoblade.com/article/20090616/NEWS16/906160366

Caso nº	Fonte Consultada	Endereços Eletrônicos
19	Emissora local WKMG Local 6:	http://www.clickorlando.com/news/21104858/detail.html
20	Emissora local WSAV :	http://www2.wsav.com/sav/news/crime/article/savannah_fire_responds_to_report_of_biodiesel_explosion/56984/
21	Emissora Local KOMO 4	http://www.komonews.com/news/local/78367082.html?
22	Jornal Calgary Herald: Site CBC News:	http://www.canada.com/calgaryherald/news/city/story.html?id=e3533853-29a7-4bca-a812-c4de8e0a5397 http://www.cbc.ca/canada/calgary/story/2008/04/15/biodiesel-explode.html