

JOSÉ LUIZ AGUIAR

**ANÁLISE DE RISCOS PARA SUBSTITUIÇÃO DO HCFC-141B PELO
FORMIATO DE METILA COMO AGENTE EXPANSOR EM INDÚSTRIA
DO SETOR DE ESPUMAS DE POLIURETANO.**

São Paulo

2015

JOSÉ LUIZ AGUIAR

**ANÁLISE DE RISCOS PARA SUBSTITUIÇÃO DO HCFC-141B PELO
FORMIATO DE METILA COMO AGENTE EXPANSOR EM INDÚSTRIA
DO SETOR DE ESPUMAS DE POLIURETANO.**

**Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do título de
Especialista em Engenharia de
Segurança do Trabalho**

São Paulo

2015

Ficha Catalográfica

Aguiar, José Luiz

Análise de riscos para substituição do HCFC-141B pelo
formiato de metila como agente expensor em indústrias do setor de
espumas de poliuretano / J.L. Aguiar. -- São Paulo, 2015.

p.

Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança
do Trabalho) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Análise de risco 2.Segurança do trabalho 3.Indústrias
4.Espumas de poliuretano I.Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais.

Aos meus colegas de ofício com os quais sempre aprendo.

“Todo o conhecimento é precário, mas não
podemos deixar de nos apoiar nele”.

R.Lunc

RESUMO

O 1,1-dicloro-1-fluoroetano (conhecido como HCFC-141 b) é uma substância classificada como destruidora da camada de ozônio e é controlada pelo Protocolo de Montreal. No Brasil, o maior consumo do HCFC-141b ocorre nos processos de fabricação de poliuretanos como agente expansor (insumo). O Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs – PBH tem financiado projetos de conversão tecnológica para eliminação do HCFC-141b em empresas de manufatura de poliuretanos. Dentre as alternativas para eliminação ou substituição do HCFC-141 b, foram desenvolvidas tecnologias com a utilização de outros agentes expansores, tais como CO₂, HFCs, pentanos e formiato de metila, sendo que estes últimos são produtos inflamáveis. Toda a modificação em um processo produtivo precisa ser criteriosamente analisada para certificar-se de que as mudanças propostas não introduzam um nível de risco inaceitável. Neste contexto, esta monografia pretendeu analisar os riscos associados a substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila em um processo produtivo de uma empresa de médio porte na Região Metropolitana de São Paulo. A metodologia de análise de risco adotada foi baseada e adaptada a partir dos passos dos *Guidelines for Management of Change for Process Safety* (CCPS, 2010) e *Guidance Notes on Management of Change for The Marine and Offshores Industries* (ABS, 2013). Foram identificados e avaliados 23 riscos associados à substituição do HCFC-141 b pelo Formiato de Metila, sendo 52% referentes a modificações nas instalações e equipamentos; 31% relacionados a aspectos operacionais e 17% a aspectos organizacionais. Os resultados obtidos permitiram que a empresa analisasse de forma estruturada os impactos gerados pela substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila em seu processo produtivo e gerisse os riscos de forma preventiva o processo de conversão tecnológica, garantindo confiabilidade e segurança às instalações, aos operadores e ao meio ambiente.

Palavras-chave: Agentes de expansão, Análise de Riscos de Processo, Gerenciamento de Modificações, Formiato de Metila, HCFC-141 b.

ABSTRACT

The 1,1-dichloro-1-fluoroethane (known as HCFC-141 b) is a ozone depleting substance and is controlled by the Montreal Protocol. In Brazil, the higher consumption of HCFC-141b occurs in polyurethane manufacturing processes as a blowing agent (input). The Brazilian Program for the Elimination of HCFCs has funded technological conversion projects for elimination of HCFC-141b in polyurethane manufacturing companies. Among the alternatives for replacement of HCFC-141 b, technologies have been developed with the use of other blowing agents such as CO₂, HFCs, pentanes (flammable) and methyl formate (flammable). Any change in a production process needs to be carefully analyzed to ensure that the proposed changes do not introduce an unacceptable level of risk. In this context, this monograph aims to analyze the risks associated with replacement of HCFC-141b by Methyl formate in a production process of the medium-sized company in the Metropolitan Region of São Paulo. The adopted risk assessment methodology was based on and adapted from the steps of the Guidelines for Management of Change for Process Safety (CCPS, 2010) and Guidance Notes on Management of Change for The Marine and Offshore Industries (ABS, 2013). Were identified and assessed 23 risk associated with the replacement of HCFC-141 b by Methyl formate, 52% related to changes in facilities and equipment; 31% related to operational aspects and 17% to organizational aspects. The results allowed the company to analyse the impacts generated by the replacement of HCFC-141b by Methyl formate in its production process in the structured way and managed all risks the technological conversion process preventively to ensure reliability and security to facilities, operators and the environment.

Keywords: blowing agents, Process Safety, Hazard Analysis, Management of Change, Methyl formate, HCFC-141 b.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Comparação entre as linhas de base do consumo de HCFCs* e CFCs** no Brasil e em países da América Latina. (Fonte: MMA, 2014)	7
Figura 2: Consumo de CFCs e HCFCs no Brasil no período de 1992 a 2013 (Fonte: adaptado de MMA, 2014)	8
Figura 3: Exemplo de monômero de poliuretano.....	15
Figura 4: Esquemático típico do processo de produção de PU.....	17
Figura 5: Ciclo de produção de poliuretanos moldados.	18
Figura 6: Porta moldes tipo reto (Fonte: VILAR, 2004)	19
Figura 7: Porta moldes tipo carrossel. (Fonte: VILAR, 2004)	19
Figura 8: Processo de gerenciamento de riscos. Fonte (ABNT NBR ISO 31000:2009)	24
Figura 9: Modelo de Processo de Gerenciamento de Modificações (Fonte: Adaptado de CCPS, 2010).	30
Figura 10: Fluxograma simplificado da etapa de pré-condicionamento das matérias-primas (sistema poliol e sistema isocianato)	33
Figura 11: Área de preparação de mistura.	34
Figura 12: Tanque de gaseificação.	35
Figura 13: <i>Skids</i> de Poliol e Isocianato.....	36
Figura 14: Injeção nos moldes.	37
Figura 15: Tanque de gaseificação (tanque balança)	53
Figura 16: Tampa de inspeção do tanque de gaseificação	53

Figura 17: Motor do agitador do tanque de gaseificação.....53

Figura 18: Células de carga nos suportes do tanque de gaseificação53

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Valores de PDO, GWP e GTP para algumas SDOs.....	5
Tabela 2: Características de agentes de expansão utilizados no setor de produção de espumas de PU.....	20
Tabela 3: Agentes expansores da família dos hidrofluorcarbonos com PDO igual a zero.	21
Tabela 4: Agentes expansores da família dos pentanos e formiato de metila.....	23
Tabela 5: Principais características físico-químicas do Formiato de Metila e do HCFC-141b	46
Tabela 6: Ponto de fulgor de misturas de poliol e formiato de Metila (método copo fechado)	48
Tabela 7: Ponto de fulgor de misturas de poliol e formiato de Metila (método copo aberto)	48
Tabela 8: Inflamabilidade de misturas de poliol e formiato de metila.	49

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1: Aplicações dos HCFCs no Brasil.....	9
Quadro 2: Usos típicos de algumas técnicas de análise de riscos por etapa de ciclo de vida de uma instalação industrial.	26
Quadro 3: Modelo de formulário para Proposta de Modificação	39
Quadro 4: <i>Checklist</i> de Análise Preliminar de Impacto da Modificação.	40
Quadro 5: Critérios para Tomada de Decisão	43
Quadro 6: Proposta de Modificação preenchida.	55
Quadro 7: <i>Checklist</i> - Análise Preliminar de Impacto de Modificação – Sistema I	56
Quadro 8: <i>Checklist</i> – Análise Preliminar de Impacto da Modificação – Sistema II... <td>60</td>	60
Quadro 9: Resultados da Análise Preliminar de Impacto da Substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila.	63
Quadro 10: Resultados da análise e avaliação preliminar de riscos da substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila.	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CFC	Clorofluorcarbonos ou clorofluorcarbonetos
FML	Fundo Multilateral para Implementação do Protocolo de Montreal
GTO	Grupo de Trabalho do Ozônio
GTP	Global Temperature Potential
GWP	Global Warming Potential
HCFC	Hidroclorofluorcarbonos
HFC	Hidrofluorcarbono
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
PBCO	Programa Brasileiro de Eliminação da Produção e do Consumo das substâncias que destroem a camada de ozônio
PBH	Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs
PDO	Potencial de destruição do ozônio
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PU	Poliuretano
RIM	Reaction injection molding
SDO	Substâncias que destroem a camada de ozônio
t PDO	Toneladas de potencial de destruição de ozônio
US EPA	United States Environmental Protection Agency

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVO.....	2
1.2. JUSTIFICATIVA	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. SUBSTÂNCIAS QUE DESTROEM A CAMADA DE OZÔNIO (SDOs).....	3
2.2. CONSUMO DE SDOs NO BRASIL	6
2.3. POLÍTICAS, PROGRAMAS E PLANOS BRASILEIROS PARA A PROTEÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO	10
2.3.1. Adesão do Brasil ao Protocolo de Montreal e Programas Brasileiros para Eliminação das SDOs.....	10
2.3.2. Projetos de Conversão Tecnológica no Setor de Espumas	12
2.4. PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE POLIURETANOS	14
2.4.1. Introdução	14
2.4.2. Processos de Fabricação	15
2.4.3. Agentes de expansão.....	20
2.5. ANÁLISE DE RISCO	23
2.5.1. Gerenciamento de Modificações	27
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
3.1. O CASO.....	31
3.2. METODOLOGIA.....	38

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
4.1. LEVANTAMENTO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO FORMIATO DE METILA	45
4.2. RESULTADOS DA ANÁLISE PRELIMINAR DE IMPACTO DA MODIFICAÇÃO	
50	
4.2.1. Análise e Avaliação Preliminar dos Riscos da Modificação	65
5. CONCLUSÕES.....	72
6. SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DO TRABALHO	73
ANEXO I – Descrição das Substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal.....	77
ANEXO II – Legislação Brasileira relacionada às SDOs em Ordem Cronológica	84
ANEXO III – Planilha HAZID	88
ANEXO IV – Matriz de Risco e Critérios de Tomada de Decisão.....	89
ANEXO V – Planilhas HAZID preenchidas.....	92

1. INTRODUÇÃO

Os hidroclorofluorcarbonos (HCFCs) são substâncias classificadas como destruidoras da camada de ozônio e controladas pelo Protocolo de Montreal. Até 2009, o Brasil era o nono maior consumidor de HCFCs do mundo e o quinto maior dentre os países desenvolvidos em comparação com as respectivas linhas de base (MMA, 2014).

De acordo com dados do Sistema Integrado de Comércio Exterior (Siscomex)/Ibama, o consumo brasileiro de HCFCs em 2012 foi de 1.387,87 t PDO, dos quais 67% correspondem ao HCFC-22 e 32% ao HCFC-141b, ou seja, 99% do consumo brasileiro em PDO corresponde a essas duas substâncias.

Dentre os HCFCs, o HCFC-141b é o mais largamente utilizado nos processos de produção de poliuretano. Pesquisa realizada por consultores do PNUD aponta que o consumo de HCFC-141b está concentrado no Setor de Espumas, no qual existem centenas de empresas nacionais, de portes variados e distribuídas heterogeneamente no País, e duas empresas multinacionais responsáveis pela fabricação de equipamentos de Refrigeração Doméstica (Ferreira, 2010).

O Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH) pretende por meio de projetos de conversão industrial eliminar 168,8 t PDO de HCFC-141b no setor de manufatura de espumas de poliuretano (PU) até 2015. Para tanto, o PBH aporta recursos financeiros a fundo perdido para empresas que tenham seus projetos de substituição ou eliminação do HCFC-141b.

Em relação às tecnologias a serem adotadas, cabe às empresas a seleção daquela mais adequada às suas necessidades, observando os critérios do Protocolo de Montreal que exige que a substância substitutiva possua potencial de destruição do ozônio igual a zero e potencial de aquecimento global menor que 25.

Entretanto, algumas das substâncias candidatas a substituição do HCFC-141b são inflamáveis, exigindo que a conversão tecnológica seja criteriosamente analisada no

âmbito das empresas para certificar-se de que as mudanças propostas não introduzam um nível de risco inaceitável ao processo produtivo.

1.1. OBJETIVO

O principal objetivo desta monografia é analisar os riscos associados a substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila em um processo produtivo de uma empresa de médio porte na Região Metropolitana de São Paulo.

1.2. JUSTIFICATIVA

Em 2014, a empresa objeto desta monografia, foi habilitada para receber aporte financeiro através do PHB para conversão tecnológica de seu processo produtivo através da substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila. Com isso, deixará de consumir 28 toneladas ano do HCFC-141b.

Como o Formiato de Metila é uma substância inflamável, a conversão tecnológica deve ser precedida de uma análise de impactos e avaliação de riscos com o objetivo de definir os requisitos mínimos de segurança necessários a serem adotados nas modificações propostas para minimização dos riscos. Além disso, a adequação dos processos produtivos às normas de segurança devido à introdução do Formiato de Metila é uma das exigências do PHB.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. SUBSTÂNCIAS QUE DESTROEM A CAMADA DE OZÔNIO (SDOs)

As substâncias que destroem a camada de ozônio (SDOs) são substâncias químicas sintetizadas pelo homem que podem permanecer por longos períodos na atmosfera e têm potencial de gerar radicais livres contendo cloro, flúor e/ou bromo que reagem com que as moléculas de ozônio (MMA, 2014).

O Protocolo de Montreal dividiu as SDOs em sete famílias: clorofluorcarbonos (CFCs), Hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), halons, brometo de metila, tetracloreto de carbono (CTC), metilclorofórmio e hidrobromofluorcarbonos (HBFCs).

A tabulação das substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal é apresentada no **Anexo I**.

As SDOs são destinadas a diversas aplicações tais como na produção de espumas (como agente de expansão); na agricultura para desinfecção do solo (controle de pragas); em tratamentos quarentenários e de pré-embarque de mercadorias importadas e exportadas; em laboratórios; como matéria-prima de vários processos industriais; e na refrigeração doméstica, comercial, industrial e automotiva.

Em 1981, Wuebbles desenvolveu um parâmetro de avaliação dos efeitos que uma determinada substância possui sobre as moléculas de ozônio na estratosfera, conhecido como Potencial de Destrução de Ozônio (PDO) (Wuebbles, D. J., 1981).

O PDO de uma substância é definido como o cálculo, no estado estacionário, da destruição do ozônio por unidade de massa dessa substância dividido pela destruição do ozônio por unidade de massa do CFC-11. O fator de PDO é calculado pela equação abaixo:

$$PDO_x = \frac{\%K_x \tau_x}{\%K_{(CFC-11)} \tau_{(CFC-11)}}$$

onde K_x = constante de velocidade da reação entre a substância e o oxigênio atômico à temperatura de 278 K e τ_x = tempo de vida da substância x, em anos, na atmosfera.

Algumas SDOs, além de serem prejudiciais à camada de ozônio, apresentam também impacto negativo sobre o sistema climático global, contribuindo em escalas diferentes para o aumento da temperatura média da superfície da Terra. Como as SDOs já eram controladas no âmbito do Protocolo de Montreal, as mesmas não fizeram parte da lista de gases de efeito estufa associados aos compromissos quantificados de limitação e redução de emissões no contexto do Protocolo de Quioto.

Para os gases do efeito estufa (GEE), foram desenvolvidos dois parâmetros de avaliação de impacto na atmosfera, *Global-warming potential* (GWP) ou Potencial de Aquecimento Global (PAG) e o *Global Temperature change Potential* (GTP) ou Potencial de Mudança da Temperatura Global. Ambos foram desenvolvidos no âmbito do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC).

O GWP ou PAG em português é uma medida de como uma determinada quantidade de gás do efeito estufa (GEE) contribui para o aquecimento global. O GWP é uma medida relativa que compara o gás em questão com a mesma quantidade de dióxido de carbono (cujo potencial é definido como 1). O Potencial de Aquecimento Global é calculado sobre um intervalo de tempo específico e este valor deve ser declarado para a comparação.

O GTP é uma medida da variação entre a temperatura média da superfície da terra em determinado ponto decorrente da emissão de um gás de efeito estufa e

a variação de temperatura média da superfície da terra em determinado ponto decorrente da emissão da mesma quantidade do gás de referência CO₂.

O GWP é baseado no forçamento radiativo acumulado durante um determinado horizonte de tempo. O GTP é baseado na mudança da temperatura média da superfície global num ponto escolhido no tempo.

A Tabela 1 apresenta uma relação de algumas SDOs com seus respectivos valores de PDO, GWP e GTP. Entre a família dos HCFCs, o HCFC-141b é o que apresenta o maior valor de PDO.

Tabela 1: Valores de PDO, GWP e GTP para algumas SDOs.

Substância	Tempo de vida (anos)	PDO ¹	GWP ²	GTP ²
CFC-11 (CCl ₃ F) – Triclorofluormetano	45	1,0	4660	2340
CFC-12 (CCl ₂ F ₂) – Diclorofluormetano	100	1,0	10200	8450
CFC-113 (C ₂ F ₃ Cl ₃) – Triclorotrifluoretano	85	0,8	5820	4470
CFC-114 (C ₂ F ₄ Cl ₂) – Diclorotetrafluoretano	190	1,0	8590	8550
CFC-115 (C ₂ F ₅ Cl) – Cloropentafluoretano	1020	0,6	7670	8980
Halon 1211 (CF ₂ BrCl)	16	3,0	1750	297
Halon 1301 (CF ₃ Br)	65	10,0	6290	4170
Brometo de metila (CH ₃ Br)	0,8	0,6	2	<1
CTC (CCl ₄) – Tetracloreto de carbono	26	1,1	1730	479
HCFC-22 (CHF ₂ Cl) - Clorodifluormetano	11,9	0,055	1760	262
HCFC-123 (C ₂ HF ₃ Cl ₂) –	1,3	0,02	79	11

¹ Valores adotados pelo Protocolo de Montreal

² Horizonte de tempo de 100 anos.

Substância	Tempo de vida (anos)	PDO ¹	GWP ²	GTP ²
Diclorotrifluoretano				
HCFC-124 (C ₂ HF ₄ Cl) –	5,9	0,022	527	74
Clorotetrafluoretano				
HCFC-141b (C ₂ H ₃ FCl ₂) - Diclorofluoretano	90,2	0,11	782	111
HCFC-142b (C ₂ H ₃ F ₂ Cl) - Clorodifluoretano	17,2	0,065	1980	356
HCFC-225ca (C ₃ HF ₅ Cl ₂) -	1,9	0,025	127	18
Dicloropentafluorpropano				
HCFC-225cb (C ₃ HF ₅ Cl ₂) -	5,9	0,033	525	73
Dicloropentafluorpropano				

Fonte: Adaptado de MYHRE et al. (2013)

2.2. CONSUMO DE SDOs NO BRASIL

Historicamente, os maiores consumidores das substâncias destruidoras do ozônio são os países desenvolvidos, liderados pelos Estados Unidos e Japão, seguidos pela União Europeia. Na América Latina, o Brasil é o maior consumidor de SDOs. A Figura 1 apresenta um comparativo do consumo dos Clorofluorcarbonos (CFCs) e Hidroclorofluorcarbonos (HCFCs) na América Latina.

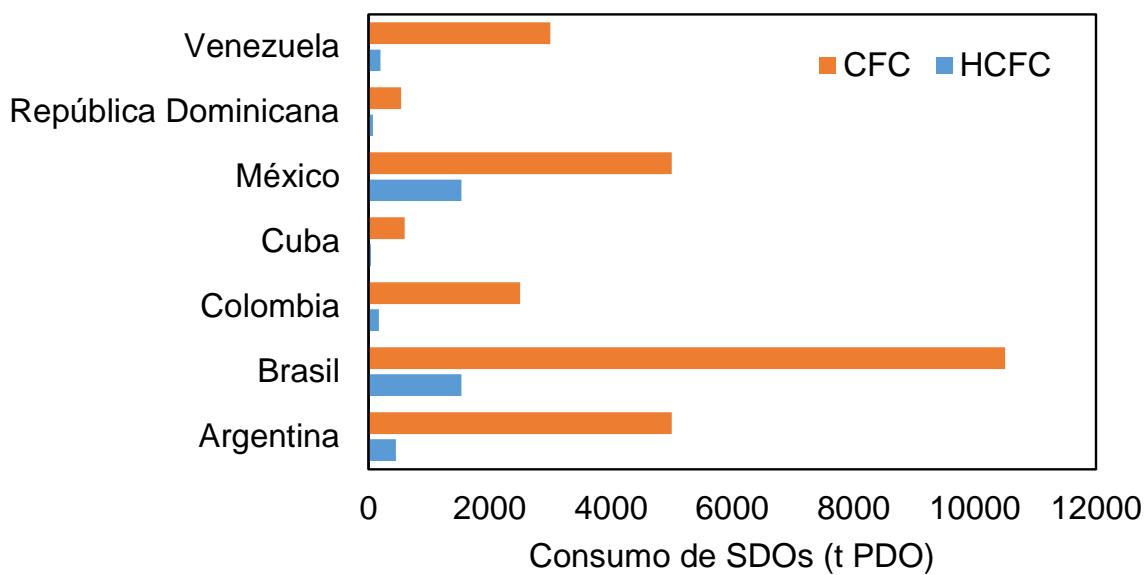


Figura 1: Comparação entre as linhas de base do consumo de HCFCs* e CFCs** no Brasil e em países da América Latina. (Fonte: MMA, 2014)

(*) Linha de base de HCFCs para países em desenvolvimento: média do consumo de HCFCs em 2009-2010.

(**) Linha de base de CFCs para países em desenvolvimento: média do consumo de CFCs em 1995-1997.

O Brasil produzia, importava e exportava CFCs até 1999. A média do consumo de CFCs no Brasil foi de 10.525,8 tPDO entre os anos 1995 e 1997, considerada a linha de base brasileira. Após ratificar os compromissos do Protocolo de Montreal em 1990 para o país, o Brasil atingiu o patamar de consumo zero de CFCs em 2010.

Após a eliminação dos CFCs, uma alternativa foi a utilização dos HCFCs. Os HCFCs são menos agressivos a camada de ozônio pois apresentam valores inferiores de PDO. Como o Brasil não produzia estas substâncias, passou a importar HCFCs em substituição aos CFCs.

Até 2009, o Brasil era o nono maior consumidor de HCFCs do mundo e o quinto maior dentre os países desenvolvidos em comparação com as respectivas linhas de base. De acordo com dados do Sistema Integrado de Comércio Exterior (Siscomex)/Ibama, o consumo brasileiro de HCFCs em 2012 foi de 1.387,87 t PDO,

dos quais 67% correspondem ao HCFC-22 e 32% ao HCFC-141b, ou seja, 99% do consumo brasileiro em PDO corresponde a essas duas substâncias (MMA, 2014).

A Figura 2 apresenta o histórico do consumo de CFCs e HCFCs no Brasil entre os anos 1992 e 2013, bem como as metas de redução propostas pelo Protocolo de Montreal e pelo Plano Nacional de Eliminação de CFCs (PNC).

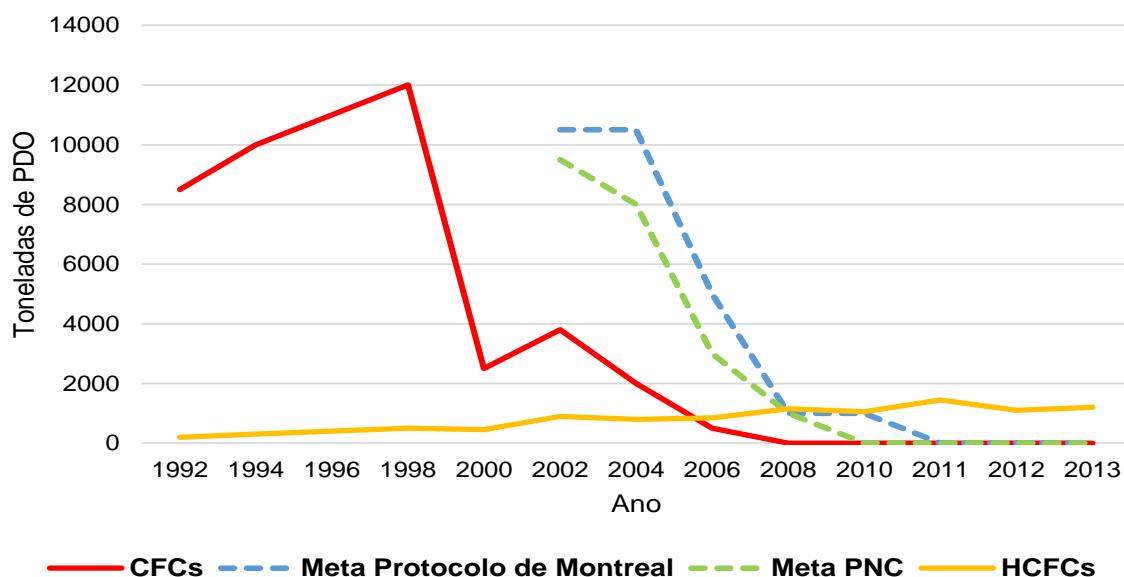


Figura 2: Consumo de CFCs e HCFCs no Brasil no período de 1992 a 2013 (Fonte: adaptado de MMA, 2014)

Observa-se uma grande queda no consumo de CFCs a partir de 2002, assim como a eliminação total do consumo de CFCs a partir de 2010. Já o consumo dos HCFCs aumentou a partir do ano de 2002.

As aplicações mais comuns dos HCFCs no Brasil são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Aplicações dos HCFCs no Brasil

Substância	Aplicações
HCFC-22	<ul style="list-style-type: none"> - Equipamento de refrigeração e ar condicionado - Espuma rígida de poliestireno estrudado utilizada para isolamento térmico, conforto acústico e proteção mecânica.
HCFC-123	<ul style="list-style-type: none"> - Extintor de incêndios - Equipamentos utilizados para o resfriamento de líquido, normalmente água, que irá circular em uma instalação de ar condicionado. Também são conhecidos como <i>chillers</i>.
HCFC-141 b	<ul style="list-style-type: none"> - Espumas de poliuretano, solventes e aerossóis - Limpeza de circuitos
HCFC-142 b	<ul style="list-style-type: none"> - Espuma rígida de poliestireno estrudado utilizada para isolamento térmico, conforto acústico e proteção mecânica.
Mistura de HCFC	<ul style="list-style-type: none"> - Equipamento de refrigeração e ar condicionado

Fonte: MMA/Ibama

Atualmente, o Brasil não produz nenhuma SDO, e a quantidade destruída e exportada é pequena. Portanto, o consumo de SDOs no país praticamente equivale à quantidade de substâncias importadas.

2.3. POLÍTICAS, PROGRAMAS E PLANOS BRASILEIROS PARA A PROTEÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO

2.3.1. Adesão do Brasil ao Protocolo de Montreal e Programas Brasileiros para Eliminação das SDOs

A adesão do Brasil ao Protocolo de Montreal se deu a partir da publicação do Decreto Legislativo n.º 91 em 15 de dezembro de 1989 pelo Congresso Nacional aprovando os textos da Convenção de Viena e do Protocolo de Montreal. A promulgação do texto foi realizada através do Decreto n.º 99.280, de 7 de junho de 1990, assinalando os compromissos internacionais assumidos pelo país para a eliminação das SDOs. Todas as emendas ao texto do Protocolo de Montreal, a partir de reuniões realizadas em Londres (1990), Copenhague (1992), Montreal (1997) e Pequim (1999), foram ratificadas e promulgadas pelo Brasil (MMA, 2014).

Para a implementação das ações a nível nacional para eliminação das SDOs, o Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento publicou a Portaria Interministerial nº 929, de 4 de outubro de 1991 criando um Grupo de Trabalho Interministerial, mais conhecido como Grupo de Trabalho do Ozônio (GTO).

O GTO foi o responsável por estabelecer as bases do Programa Brasileiro de Eliminação da Produção e do Consumo das substâncias que destroem a camada de ozônio (PBCO). O PBCO foi encaminhado ao Fundo Multilateral para Implementação do Protocolo de Montreal (FML) em julho de 1994 e foi aprovado em 1997.

O PBCO contemplou um conjunto de ações de cunho normativo, científico, tecnológico e econômico centrado nos projetos de conversão industrial e de diagnóstico de todos os segmentos produtores e usuários de SDOs do país, definindo estratégias para a eliminação da produção e do consumo das SDOs. Além disso, contemplou estratégias de limitação gradual e proibição de importações das substâncias controladas, bem como a proposição do aumento de taxas federais e estaduais aplicáveis ao seu comércio. As ações previam também estímulo à adoção

de tecnologias alternativas, como a criação de linhas de crédito e incentivo tributário para tornar projetos de conversão tecnológica mais atrativos. Ao final, o PBCO se constituiu em importante ação nacional norteadora dos passos seguintes que foram dados no sentido de eliminar o consumo das SDOs no país (MMA, 2014).

A partir da experiência com o PBCO, em 1995, foi instituído o Comitê Executivo Interministerial para Proteção da Camada de Ozônio (Prozon), por meio da publicação do Decreto de 19 de setembro de 1995, revogado pelo Decreto de 6 de março de 2003, que encontra-se em vigor.

O Prozon atualmente é composto por representantes de sete ministérios: Ministério do Meio Ambiente (novo coordenador), Ministério das Relações Exteriores, Ministério da Saúde, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério da Fazenda, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Entre as atribuições do Comitê está a de propor políticas e diretrizes, orientar, harmonizar e coordenar todas as ações relativas à proteção da camada de ozônio (MMA, 2014).

Em 2002, foi aprovado o Plano Nacional de Eliminação de CFCs (PNC) pelo Comitê Executivo do FML, representando o compromisso do governo Brasileiro em eliminar o consumo dos clorofluorcarbonos (CFCs) em todos os setores no país até 1º de janeiro de 2010. Suas ações abrangeram investimentos nos setores de refrigeração, espuma, aerossóis, solventes, esterilizantes e inaladores de dose medida.

Em setembro de 2007, na 19ª Reunião das Partes do Protocolo de Montreal (MOP-19), foram aprovados ajustes ao texto do Protocolo de Montreal que antecipam os prazos para a eliminação da produção e consumo de hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), substâncias controladas do Grupo I, Anexo C do Protocolo de Montreal.

Em virtude disso, foi elaborado o Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH), com objetivo de cumprir com as novas obrigações estabelecidas. O Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH) foi aprovado em 2011 pelo Prozon.

Para os países em desenvolvimento, as metas de redução e eliminação da produção e consumo de HCFCs foi de 10% para o ano de 2015, 35% para o ano de 2020, 67,5% para o ano de 2015 e eliminação total dos HCFCs para o ano de 2040. Estas metas foram definidas para o consumo e produção média dos anos de 2009/2010 estabelecidos como linha de base.

O PBH tem por objetivo viabilizar o congelamento e a redução do consumo brasileiro de HCFCs, tendo como linha de base a média do consumo dos anos 2009 e 2010, de 1.327,30 t PDO. Nesse contexto, as ações previstas para a eliminação dos HCFCs no PBH estão divididas em duas etapas:

- Etapa 1 – Estabelecer diretrizes, objetivos e metas específicas para a redução do consumo de 220,3 t PDO (16,6 % da linha de base) até o ano 2015 por meio de atividades de conversão industrial, assistência técnica e ações regulatórias nos setores de espumas de poliuretano e de serviços de refrigeração.
- Etapa 2 – Estabelecer diretrizes para redução de 1.107,3 t PDO de HCFCs até o ano 2040 para todos os setores produtivos usuários dessas substâncias.

No Anexo II, é apresentado um quadro que sumariza em ordem cronológica os principais marcos legais relacionados com às SDOs no Brasil.

2.3.2. Projetos de Conversão Tecnológica no Setor de Espumas

Após a eliminação dos CFCs, os HCFCs têm sido utilizados como agente de expansão nas espumas de PU nos processos de produção. Dentre os HCFCs, o HCFC-141b é o mais largamente utilizado (MMA, 2014).

No setor de manufatura de espuma de poliuretano, o PBH possui uma estratégia que contempla a implementação de projetos de conversão industrial em empresas de capital nacional que atuam nos seguintes setores:

- a) setor de painéis contínuos de espumas de PU para a eliminação de 32,4 t PDO de HCFC-141b através de projetos individuais;
- b) setores de espumas de pele integral e flexíveis moldadas para a eliminação de 47,56 t PDO de HCFC-141b através de projetos individuais e em grupo;
- c) setores de espumas de pele integral e espumas flexíveis moldadas para a eliminação de 39,25 t PDO HCFC-141b através de projetos em grupo;
- d) setores de PU rígido: aquecedores solares, recipientes térmicos (thermoware), revestimento em canos (*pipe in pipe* – PIP) e embalagens para a eliminação de 49,60 t PDOs.

O PBH pretende eliminar 168,8 t PDO de HCFC-141b até 2015. A partir de 2020, o consumo de HCFC-141b para fabricação de espumas será proibido.

Como um dos pré-requisitos para recebimento de recursos do FML, as empresas deverão estar em cumprimento com todas as obrigações relacionadas à legislação ambiental brasileira, com especial atenção para as obrigações em relação às SDOs, incluindo as correspondentes licenças ambientais estaduais e/ou municipais necessárias para o seu funcionamento; o cadastro na categoria correta do Cadastro Técnico Federal (CTF); estar em dia com os relatórios de compra, venda, transferência e uso de SDOs; e com o Certificado de Regularidade do CTF (PHB, 2010).

Em relação às tecnologias a serem adotadas, cabe às empresas a seleção daquela mais adequada às suas necessidades, observando os critérios do Protocolo de Montreal (Decisão XIX/6 do Protocolo):

- Potencial de destruição do ozônio igual a zero;
- Potencial de aquecimento global (GWP) menor que 25. Caso a empresa opte por utilizar substâncias com alto GWP em substituição ao HCFC-141b, ficará responsável pela sua eliminação quando tecnologia adequada de baixo GWP estiver disponível.

2.4. PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE POLIURETANOS

2.4.1. Introdução

Os poliuretanos (PUs) representam uma importante classe de polímeros termoplásticos e termofixos, visto que suas propriedades mecânicas, térmicas e químicas podem ser adaptadas por meio de reações de polióis e isocianatos. Os PUs incluem os polímeros que contêm um número significativo de grupos uretânicos ($-\text{HN}-\text{COO}-$), independentemente do restante da molécula (SZYCHER, 1999).

A criação dos poliuretanos é atribuída ao químico industrial alemão Otto Bayer (1902–1982), que descobriu a reação de poliadição de isocianatos e polióis. O produto foi inicialmente desenvolvido como um substituto da borracha, no início da Segunda Guerra Mundial.

Os PUs podem ser encontrados na forma de espuma rígida, semirrígida ou flexível. Dependendo da composição e das características dos reagentes utilizados na síntese, podem ser obtidos PUs com diferentes propriedades. Muitas formulações têm sido desenvolvidas para atender diversos segmentos do mercado. Na área de espumas flexíveis os PUs se popularizam na indústria dos colchões, estofados e assentos automotivos; os semirrígidos na forma de descansa-braço, painéis e pára-choques; os rígidos como isolante térmico para geladeiras, freezers e caminhões frigoríficos, na construção civil, em painéis divisórios, etc. (VILAR, 2004).

A principal reação de produção de poliuretanos tem como reagentes um diisocianato, disponível nas formas alifáticas ou aromáticas, e um diol ou um poliol poliéster. A Figura 3 ilustra um exemplo de monômero de poliuretano.

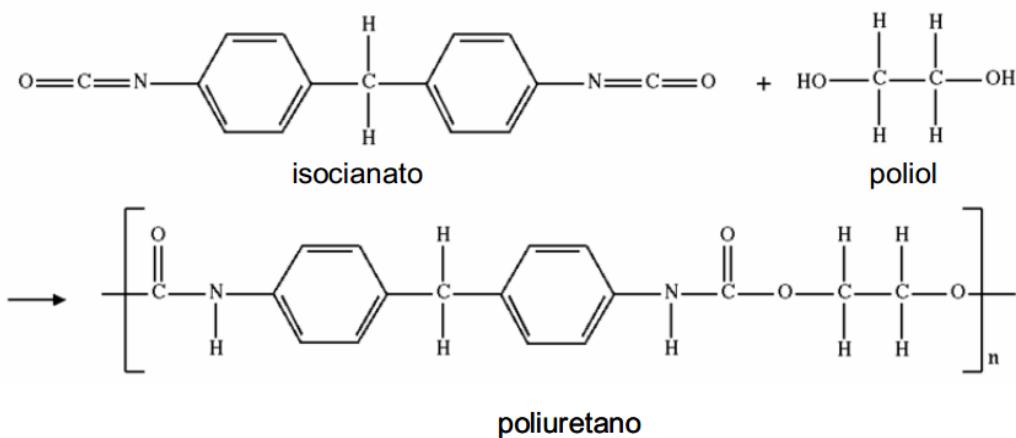


Figura 3: Exemplo de monômero de poliuretano.

Além destes, uma grande variedade de produtos químicos pode ser adicionada para controlar ou modificar tanto a reação de formação dos PU's, quanto as suas propriedades finais. Estes aditivos incluem: catalisadores; agentes de expansão, surfactantes; e ainda agentes anti-envelhecimento, corantes e pigmentos, retardantes de chama, desmoldantes, lubrificantes, plastificantes, sequestrantes de umidade, promotores de adesão, promotores de reologia, solventes, etc. (VILAR, 2004).

O poliuretano pode ter uma variedade de densidades e de durezas, que mudam de acordo com o tipo de monômero usado e de acordo com a adição ou não de substâncias modificadoras de propriedades. Os aditivos também podem melhorar a resistência à combustão, a estabilidade química, entre outras propriedades.

2.4.2. Processos de Fabricação

O processo básico de fabricação de poliuretanos envolve as seguintes etapas:

- 1) Pré-condicionamento dos dois componentes líquidos básicos (isocianato e poliol). O pré-condicionamento envolve a pré-mistura dos aditivos no poliol, homogeneização, ajuste de temperatura, etc.;
- 2) Dosagem dos componentes nas proporções desejadas através de máquinas injetoras;

- 3) Mistura, das quantidades dosadas dos componentes, em uma cabeça misturadora para formar a mistura reagente;
- 4) Distribuição ou injeção da mistura reagente num molde preparado e condicionado termicamente, através de entrada desenhada para prevenir turbulência e evitar a retenção de ar;
- 5) Um período de tempo para permitir a polimerização da mistura reagente e cura suficientemente para permitir a desmoldagem;
- 6) Desmoldagem da peça acabada;
- 7) Acabamento se necessário.

Atualmente a técnica mais aplicada na produção de PUs moldados, é a técnica “*Reaction Injection Molding*” conhecida pela sigla inglesa RIM, que consiste em sujeitar uma mistura de poliol com isocianato sob pressão por injeção diretamente no molde. Nesta técnica controlam-se as condições de temperatura e pressão, obtendo-se o produto final, espuma de poliuretano com o molde pretendido. O processo RIM foi desenvolvido na Alemanha pela Bayer AG, surgindo publicamente a primeira aplicação em 1966. Porém, cabe destacar que existem inúmeras variações do processo básico de fabricação e formulações a depender do tipo de PU desejado (Silva, 2008).

A Figura 4 apresenta um esquemático típico do processo de produção de PU moldados.

A reação química entre os dois componentes começa imediatamente após a mistura dos componentes, gerando calor que por sua vez vaporiza o agente de expansão contido no poliol, causando a espumação da massa reagente. A mistura torna-se progressivamente mais viscosa, gelifica e ao completar a reação transforma-se num polímero sólido. A pele é formada pela condensação na superfície mais fria do molde, sob a pressão interna da espuma em expansão (VILAR, 2004).

Após a injeção dos componentes do molde, inicia-se o processo de cura. O calor gerado na cura facilita a reação química do material, no entanto o molde deve ser aquecido, de maneira a evitar que a parte exterior da peça arrefeça muito mais

rapidamente que o interior da peça. Após o processo de cura, a peça já tem firmeza suficiente para poder ser desmoldada. O período de cura depende do material que se pretende produzir.

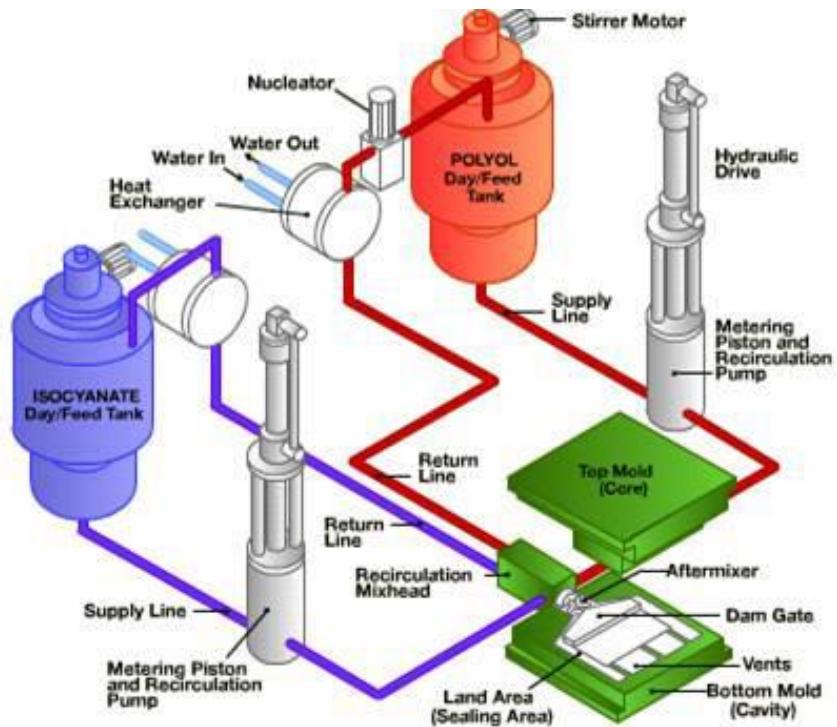


Figura 4: Esquemático típico do processo de produção de PU.

O ciclo de produção para a obtenção de peças em poliuretanos depende essencialmente da duração do tempo de cura do material (Silva, 2008). O processo de cura representa cerca de 60% do ciclo de produção tal como se indica na Figura 5. Nos restantes 40% do ciclo estão incluídos o fecho e abertura do molde, enchimento da peça e operações de acabamento.

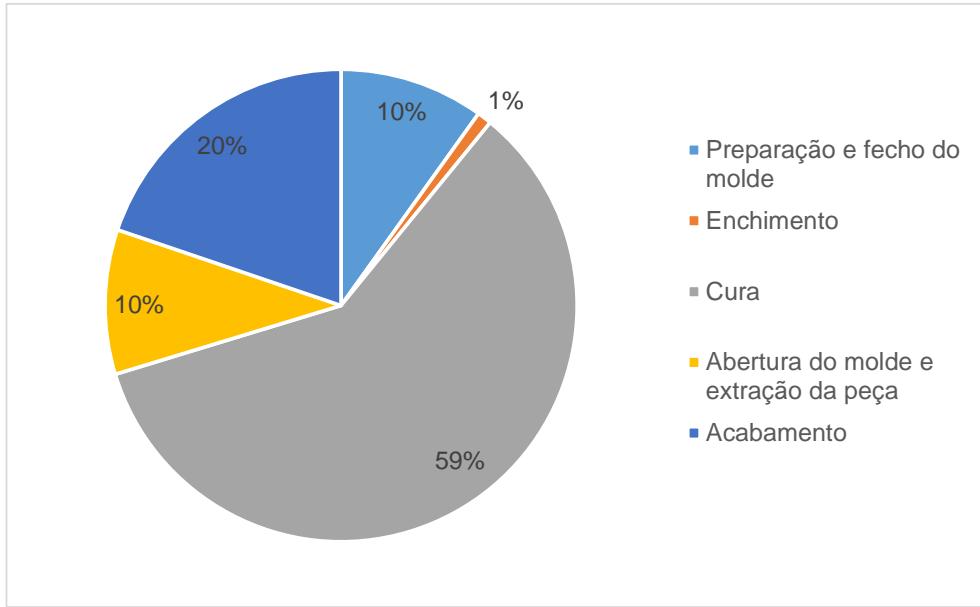
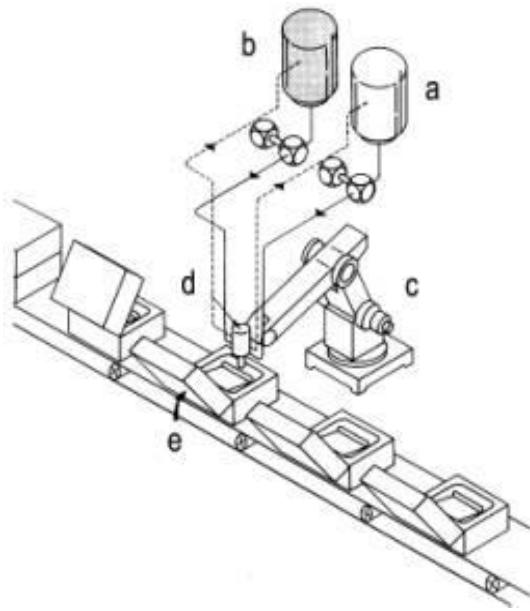


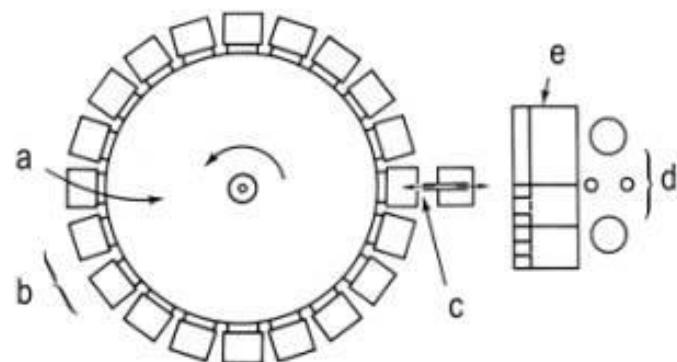
Figura 5: Ciclo de produção de poliuretanos moldados.

Nas linhas de produção, a maior parte da área é ocupada pelos porta-moldes. Os sistemas de transporte dos moldes podem ser retos (Figura 6) ou do tipo carrossel (Figura 7). Em muitos casos os moldes movem-se sob a cabeça misturadora. Em outros, o porta-moldes fica estacionário e a cabeça misturadora é móvel. É comum encontrar a cabeça misturadora montada em um robô ou outro sistema computadorizado, para otimizar o preenchimento dos moldes (VILAR,2004).



a) tanque do poliol, b) tanque do isocianato, c) robô de cinco braços, d) cabeça misturadora, e) molde.

Figura 6: Porta moldes tipo reto (Fonte: VILAR, 2004)



a) porta-moldes giratório; b) moldes; c) cabeça misturadora; d) tanques de uso diário; e) injetora.

Figura 7: Porta moldes tipo carrossel. (Fonte: VILAR, 2004)

2.4.3. Agentes de expansão

As espumas de poliuretano utilizam, além dos isocianatos, polióis, e demais aditivos, os chamados agentes de expansão auxiliares. Geralmente são líquidos de baixo ponto de ebulição que são volatilizados com o calor gerado pela reação exotérmica de formação do PU. Os gases gerados conferem ao PU cavidades celulares, reduzindo a densidade da espuma e conferindo propriedades de isolamento térmico ao produto (VILAR, 1993).

No processo de fabricação dos PUs, os agentes de expansão são normalmente pré-misturados com o componente poliol ou isocianato ou ainda adicionados como uma terceira corrente na cabeça misturadora dos equipamentos de moldagem por injeção e reação (Sigla inglesa RIM).

A Tabela 2 apresenta os agentes de expansão mais utilizados no setor de manufatura de PUs e suas características principais.

Tabela 2: Características de agentes de expansão utilizados no setor de produção de espumas de PU.

Fórmula	HCFC-141b	HCFC-22	HCFC-142b	CO₂
	CCl₂FCH₃	CHClF₂	CClF₂CH₃	
Peso Molecular (g/mol)	116,9	86,5	100,5	44
Temperatura de ebulição (°C)	32,2	-40,6	-9,8	-78,3
Densidade a 20°C (g/cm ³)	1,24	1,20	1,10	-
Tempo de vida na atmosfera (anos)	9,3	12,0	18,4	120
Potencial de esgotamento do ozônio (PDO)	0,11	0,055	0,065	0
Potencial de aquecimento global (GPW)	630	1500	1800	1
Compostos orgânicos voláteis (VOC)	Não	Não	Não	Não
Limites de flamabilidade no ar (% vol)	7,6-17,7	Nenhum	6,7-14,9	Nenhum
Condutividade térmica 25°C (kcal/m.hr.°C)	0,0091	0,0102	0,096	0,0140

Fórmula	HCFC-141b	HCFC-22	HCFC-142b	CO₂
	CCl₂FCH₃	CHClF₂	CClF₂CH₃	
Ponto de fulgor (°C)	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum
Solubilidade com poliol poliéster (g/100g)	> 100	nd	nd	-
Com poliol poliéster (g/100g)	34	nd	nd	-
Com Diisocianato (g/100g)	> 100	nd	nd	-

Fonte: Adaptado de Vilar, 1993.

Com as evidências de que primeiramente os CFCs e posteriormente HCFCs são responsáveis pela destruição da camada de ozônio terrestre, têm sido estudadas alternativas de substituição destas substâncias como agentes de expansão nos processos produtivos, levando-se em conta a toxicidade, inflamabilidade, impacto ambiental, custo e propriedades físicas.

Dentre os agentes expansores alternativos estão os hidrofluorcarbonos que apresentam PDO igual a zero. A Tabela 3 apresenta alguns agentes de expansão alternativos da família dos HFCs e suas principais características.

Tabela 3: Agentes expansores da família dos hidrofluorcarbonos com PDO igual a zero.

FÓRMULA	HFC-134a	HFC-245fa	HFC-365mfc	HFO-1336mzz
	CF₃CH₂CF₂H	CF₃CH₂CF₂CH₃	CF₃CH=CHCF₃	
Peso Molecular (g/mol)	102	134	148	164
Temperatura de ebulição (°C)	-26,5	15,3	40,1	33
Densidade a 20°C (g/cm ³)	1,22	1,32	1,23	1,4
Tempo de vida na atmosfera (anos)	14	7,9	10,8	24 dias
Potencial de esgotamento do	0	0	0	0

FÓRMULA	HFC-134a	HFC-245fa <chem>CF3CH2CF2H</chem>	HFC-365mfc <chem>CF3CH2CF2CH3</chem>	HFO-1336mzz <chem>CF3CH=CHCF3</chem>
<chem>CF3CFH2</chem>				
ozônio (PDO)				
Potencial de aquecimento global (GPW)	1300	820	810	9,4
Compostos orgânicos voláteis (VOC)	Não	Não	Não	Não
Limites de flamabilidade no ar (% vol)	Nenhum	Nenhum	3,5-9,6	Nenhum
Condutividade térmica 25°C (kcal/m.hr.°C)	0,0123	0,0116	0,0106	0,0107
Ponto de fulgor (°C)	Nenhum	Nenhum	-25	Nenhum
Solubilidade com poliol poliéster (g/100g)	5	50	30-100	50+
Com poliol poliéster (g/100g)	1,1	8	10-30	23-35
Com Diisocianato (g/100g)	4,5	55	10-20	-

Fonte: Adaptado de Vilar, 1993.

Os HFCs possuem PDO zero, não são inflamáveis entretanto possuem GPW elevado e são mais caros que os agentes expansores da família dos hidrocarbonetos (pentanos e formiato de metila). Devido ao seu potencial de aquecimento global, os HFCs são controlados pelo Protocolo de Quioto.

A Tabela 4 apresenta alguns agentes de expansão alternativos da família dos pentanos e formiato de metila que apresentam PDO igual a zero.

Tabela 4: Agentes expansores da família dos pentanos e formiato de metila

Fórmula	Ciclopentano	n-pentano	Formiato de Metila <i>HCOOCH₃</i>
Peso Molecular (g/mol)	70,0	72,0	60
Temperatura de ebulição (°C)	49,3	36,0	31,5
Densidade a 20°C (g/cm ³)	0,75	0,63	0,98
Tempo de vida na atmosfera (anos)	Dias	Dias	Dias
Potencial de esgotamento do ozônio (PDO)	0	0	0
Potencial de aquecimento global (GPW)	11	11	0
Compostos orgânicos voláteis (VOC)	Sim	Sim	Sim
Limites de flamabilidade no ar (% vol)	1,4-9,4	1,3-8,0	5-23
Condutividade térmica 25°C (kcal/m.hr.°C)	0,0110	0,0133	0,0107
Ponto de fulgor (°C)	-37	-37	-18
Solubilidade com poliol poliéster (g/100g)	3-100	3-24	-
Com poliol poliéster (g/100g)	9-30	5-17	-
Com Diisocianato (g/100g)	30-35	7-8	-

Fonte: Adaptado de Vilar, 1993.

Os pentanos e o formiato de metila possuem ODP igual a zero, baixa condutividade térmica, e são mais baratos representando uma alternativa atraente desde que as condições de processo sejam adaptadas a estes produtos inflamáveis.

2.5. ANÁLISE DE RISCO

De acordo com a ISO 31000 (ABNT, 2009), o termo risco é definido como “efeito da incerteza nos objetivos”. A palavra efeito é entendida como um desvio em relação ao objetivo esperado ou definido. O risco pode ser expresso minimamente em termos da combinação de consequência de um evento e a probabilidade de ocorrência associada.

Ainda de acordo com a norma, o Processo de Gerenciamento de Riscos inclui minimamente as seguintes etapas:

- Identificação de riscos: processo de busca, reconhecimento e descrição de riscos. Envolve a identificação das fontes de riscos (fragilidades e perigos), eventos, suas causas e consequências potenciais;
- Análise de riscos: processo de compreensão da natureza do risco e determinação do seu nível (ou magnitude). Inclui, portanto, a estimativa de riscos (valoração qualitativa ou quantitativa do risco);
- Avaliação de riscos: processo de comparação dos resultados da análise de riscos (ou seja, comparar os riscos estimados) com os critérios de tolerabilidade ao risco, para determinar se o risco e ou sua magnitude são aceitáveis ou inaceitáveis.

A Figura 8 ilustra o processo de gerenciamento dos riscos.

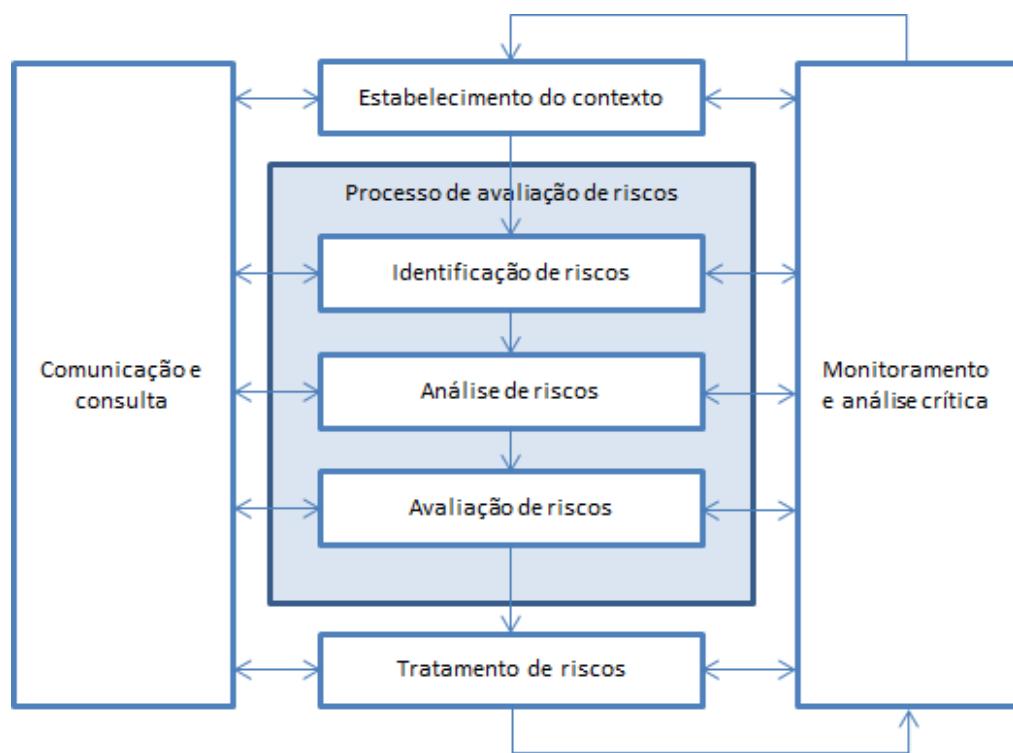


Figura 8: Processo de gerenciamento de riscos. Fonte (ABNT NBR ISO 31000:2009)

A identificação dos riscos é feita de forma sistemática possibilitando reconhecer e registrar os cenários potenciais hipotéticos que poderiam ocorrer ou situações que poderiam afetar o desempenho do sistema de gestão e dos objetivos da organização. Uma vez que um perigo foi identificado, convém que a organização estabeleça as medidas de controle adequadas, tais como funcionalidades dos dispositivos de controle, rotinas operacionais, processos, sistemas e pessoas (GIOVANNI, 2010).

Os métodos utilizados nas análises de riscos podem ser qualitativos, semiquantitativos e quantitativos. As técnicas qualitativas listadas abaixo referenciadas na Norma NBR ISO 31.010 são utilizadas para identificação de riscos (cenários accidentais):

- a) *What-If / Checklist*;
- b) Análise Preliminar de Perigos ou de Riscos (APP/APR)/ *Hazard Preliminary Hazard (PHA)*;
- c) *Hazard Identification (HAZID)*;
- d) Análise de Modos de Falhas e Efeitos/ *Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)*;
- e) *Hazard and Operability Studies (HAZOP)*.

A análise de riscos vai fornecer uma compreensão sobre os riscos. Envolve a apreciação das causas e das fontes de risco, suas consequências positivas e negativas, e a probabilidade de que essas consequências possam ocorrer.

Segundo a ISO 31000 "a análise de riscos pode ser realizada com diversos graus de detalhe, dependendo do risco, da finalidade da análise e das informações, dados e recursos disponíveis. Dependendo da circunstância a análise pode ser qualitativa, semiquantitativa, quantitativa ou uma combinação destas." Organizações menores com menos recursos tecnológicos terão mais dificuldade de conduzir uma análise quantitativa dos riscos, mas isso não impede que um processo de gestão possa ser estabelecido e traga resultados satisfatórios.

O processo de análise de risco pode ser aplicado em todos os estágios do ciclo de vida de uma instalação industrial. Normalmente é aplicado mais de uma técnica com diferentes níveis de detalhe para auxiliar nas decisões que precisam ser tomadas em cada estágio do empreendimento.

O quadro 2 apresenta algumas técnicas de análise de risco para diferentes ciclos de vida de uma instalação industrial.

Quadro 2: Usos típicos de algumas técnicas de análise de riscos por etapa de ciclo de vida de uma instalação industrial.

Etapas do ciclo de vida	Técnicas de Análise de Riscos				
	Checklist	APP	What-if	HAZOP	FMEA
Projeto conceitual	Aplicável	Aplicável	Aplicável	-	-
Operação de planta piloto	Aplicável	Aplicável	Aplicável	Aplicável	Aplicável
Projeto executivo	Aplicável	Aplicável	Aplicável	Aplicável	Aplicável
Construção e <i>start-up</i>	Aplicável	-	Aplicável	-	-
Operação	Aplicável	-	Aplicável	Aplicável	Aplicável
Expansões e modificações	Aplicável	Aplicável	Aplicável	Aplicável	Aplicável
Descomissionamento	Aplicável	-	Aplicável	-	-

Fonte: Adaptado de CCPS, 1992.

A ineficácia da gestão de riscos nas fases preliminares do projeto (projetos conceitual, básico e executivo ou nas expansões e modificações) causará problemas nas fases de operação e desativação do empreendimento, sendo necessária uma visão sistêmica com participação de profissionais que irão gerenciar o risco em todas as fases de vida do empreendimento, contemplando toda a vida útil na sua concepção (Bergen, 1990).

O objetivo do processo de avaliação de riscos é fornecer aos tomadores de decisão e às partes interessadas um entendimento aprimorado dos riscos que poderiam afetar o alcance dos objetivos, bem como a adequação e eficácia dos controles em uso. Isto fornece uma base para decisões sobre a abordagem mais apropriada a ser utilizada para tratar os riscos.

A avaliação de riscos é realizada com base em critérios pré-definidos. Os critérios podem ser baseados em objetivos organizacionais e consulta aos contextos interno e externo. Os critérios de risco podem ser resultantes de requisitos de legislação, normas técnicas, códigos construtivos, normas internas, políticas, entre outros. Em muitas avaliações se utiliza uma matriz de risco, que é uma forma de combinar classificações qualitativas ou semi-quantitativas de consequências e probabilidades, a fim de produzir um nível de risco ou classificação de risco (GIOVANNI, 2010).

A saída do processo de avaliação de riscos é uma entrada para os processos de tomada de decisão da organização. A maneira como este processo é realizado depende não somente do contexto do processo de gestão de riscos, mas também dos métodos e técnicas utilizados para conduzir esse processo (GIOVANNI, 2010).

2.5.1. Gerenciamento de Modificações

Modificações em um processo produtivo ou tecnologia podem ser decorrentes de:

- Qualquer alteração, reparos, substituição, reposição envolvendo mudança nas especificações, materiais ou métodos da instalação do equipamento do processo;
- Mudança em parâmetros operacionais ou condições que mudem previamente os limites operacionais de segurança estabelecida;
- Mudanças nas programações de manutenção preventiva;
- Mudança de layout;
- Mudanças de procedimento.

De acordo com *Guidelines for Management of Change for Process Safety* (CCPS, 2010), o gerenciamento de modificações no contexto da gestão industrial pode ser definido como sendo um conjunto de políticas e procedimentos para assegurar que mudanças não resultarão em operações fora dos parâmetros de segurança de processo estabelecidos.

O propósito da gestão de mudança, do inglês *Management of Change* (MOC) é estabelecer um mecanismo formal escrito de modo a garantir que mudanças não degradarão a segurança que foi especificamente planejada para a operação original do processo. Num aspecto geral, o gerenciamento de modificações é um dos elementos de um programa maior de gerenciamento de riscos em uma instalação.

O modelo para a implementação de um processo de gerenciamento de modificações proposto pelo *Center for Chemical Process Safety* (CCPS) é possui 06 etapas, a saber:

- Etapa 01: Revisão ou análise inicial:

Esta etapa envolve a proposição e caracterização da mudança, análise preliminar dos riscos associados a modificação e proposição de implementação com as recomendações para o controle dos riscos. As justificativas para a mudança são apresentadas e a mudança é classificada em permanente, temporária ou emergencial. A avaliação de riscos nesta etapa normalmente é realizada através de ferramentas mais simples, como *checklists*.

- Etapa 02: Revisão Sênior:

Nesta etapa, um profissional sênior não envolvido na etapa anterior revisa os resultados da análise inicial, podendo rejeitar a proposta de modificação da forma que foi apresentada ou enviá-la diretamente para etapa de aprovação, caso julgue não serem necessárias avaliações de riscos mais detalhadas através de outras ferramentas.

- Etapa 03: Análise de Riscos detalhada

A etapa 3 se faz necessária quando nas etapas anteriores for identificado que a modificação é complexa ou que pode gerar consequências mais sérias. Neste caso, o revisor sênior indica a necessidade da realização de uma análise de riscos detalhada, envolvendo uma equipe multidisciplinar.

- Etapa 04: Aprovação da Modificação

Aprovação do plano de implementação com os resultados das etapas anteriores.

- Etapa 05: Implementação

Implementação das ações conforme Plano de Implementação. Envolve ainda atualização de todas as informações de processo relevantes (fluxogramas, desenhos, procedimentos, etc.) e treinamento e capacitação dos envolvidos das áreas de operação, manutenção, inspeção, etc.

- Etapa 06: Verificação e fechamento.

A modificação somente é considerada aceita após a verificação da efetividade das recomendações de controle dos riscos implementadas e assinatura dos envolvidos.

A figura 9 ilustra um processo de gerenciamento de modificações dividido em 6 etapas.

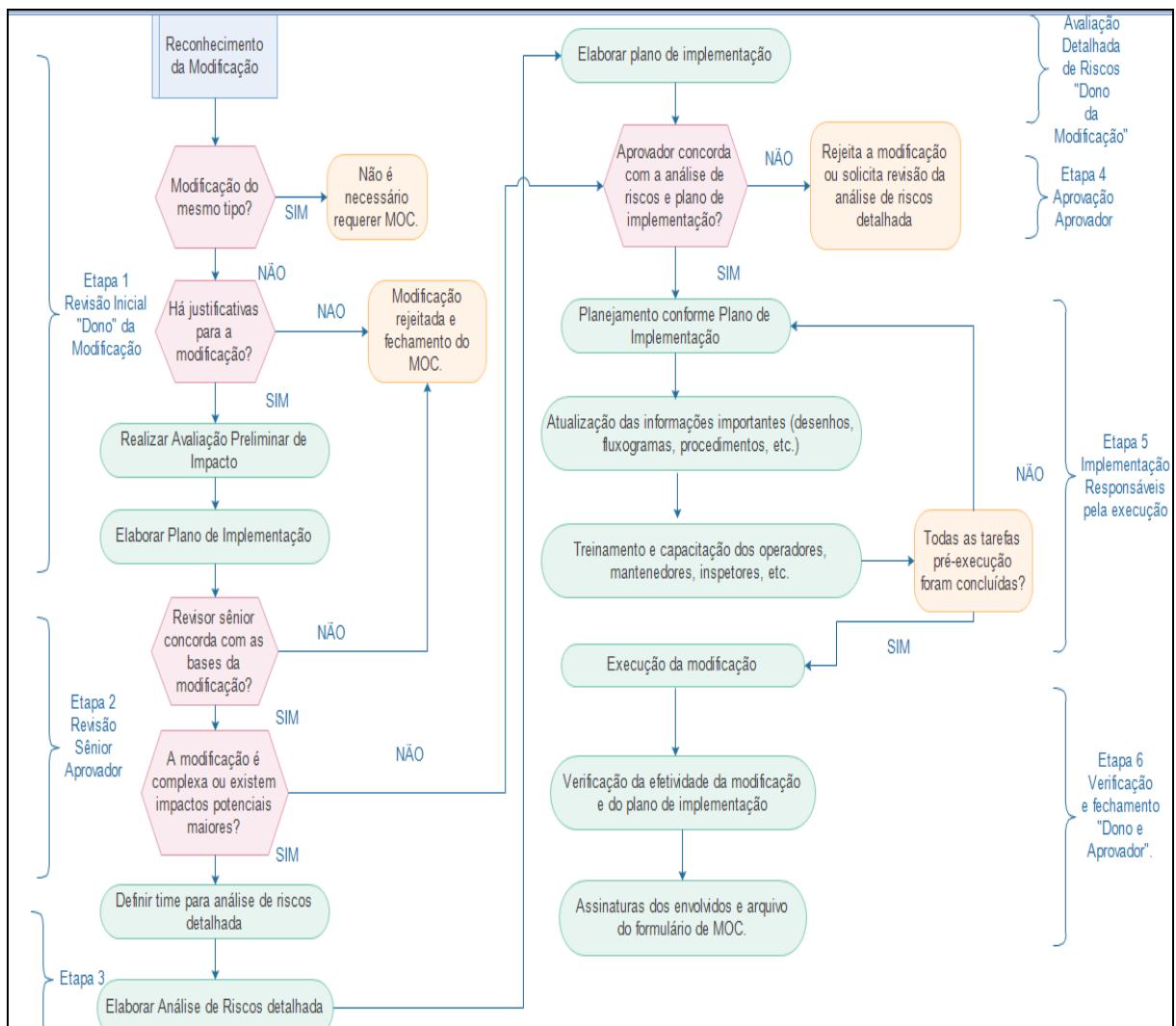


Figura 9: Modelo de Processo de Gerenciamento de Modificações (Fonte: Adaptado de CCPS, 2010).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. O CASO

Este trabalho está sendo desenvolvido desde de novembro de 2014 em uma empresa brasileira familiar com 44 anos de existência que produz peças moldadas de poliuretano para acessórios de bicicletas. A instalação fabril possui capacidade instalada para produzir até 440 mil peças por mês. Os produtos são vendidos em todo território nacional (75% da produção) e exportados para países da América do Sul, Europa e África (25%).

A fábrica localiza-se na Região Metropolitana de São Paulo em área de zoneamento residencial. A fábrica é formada por três terrenos ocupados por 04 galpões contíguos que se comunicam por acessos e passagens internas. A área construída é de 2018,94 m² e a área do terreno não foi informada, entretanto os galpões produtivos ocupam praticamente todo o terreno.

A empresa emprega cerca de 100 funcionários que trabalham somente em turno diurno das 7 às 17 h de segunda a sexta-feira. As operações da empresa são certificadas pela norma ISO 9001:2008. O faturamento bruto mensal é da ordem de R\$ 1,5 milhão.

Em seu processo de produção atual, a empresa consome aproximadamente 28 toneladas por ano do HCFC-141b como agente expansor que é uma das substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal em seu Anexo C/I. Em 2020, a consumo desta substância no Brasil para fins de produção de artefatos de poliuretano será proibida.

Em 2014, a empresa foi habilitada para receber aproximadamente R\$ 500 mil reais do FML através do PHB para conversão tecnológica de seu processo produtivo através da substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila. O Formiato de Metila foi selecionado pela empresa após a realização de testes pilotos com agentes

de expansão alternativos e foi o que apresentou os melhores resultados. O consumo projetado de Formiato de Metila será 5% maior que o consumo atual de HCFC-141b.

Como o Formiato de Metila possui características de inflamabilidade, a conversão tecnológica foi precedida de uma análise de impactos e avaliação de riscos com o objetivo de definir os requisitos de segurança necessários para serem adotados nas modificações propostas para minimização dos riscos associados a manipulação do Formiato de Metila. Além disso, a adequação dos processos produtivos devido à introdução do Formiato de Metila é uma das exigências do PHB.

O processo atual de produção de peças moldadas de poliuretano consiste das seguintes etapas:

- Pré-condicionamento das matérias-primas por bateladas em sistemas separados (Sistema poliol mais aditivos e sistema isocianato);
- Dosagem dos componentes nas proporções desejadas através de bombas dosadoras;
- Mistura, das quantidades dosadas dos componentes, em uma cabeça misturadora para formar a mistura reagente;
- Distribuição ou injeção da mistura reagente num molde preparado e condicionado termicamente, através de entrada desenhada para prevenir turbulência e evitar a retenção de ar;
- Um período de tempo para permitir a polimerização da mistura reagente e cura suficientemente para permitir a desmoldagem;
- Desmoldagem da peça acabada;
- Acabamentos.

A Figura 10 ilustra o fluxograma simplificado da etapa de pré-condicionamento das matérias-primas (sistema poliol e sistema isocianato).

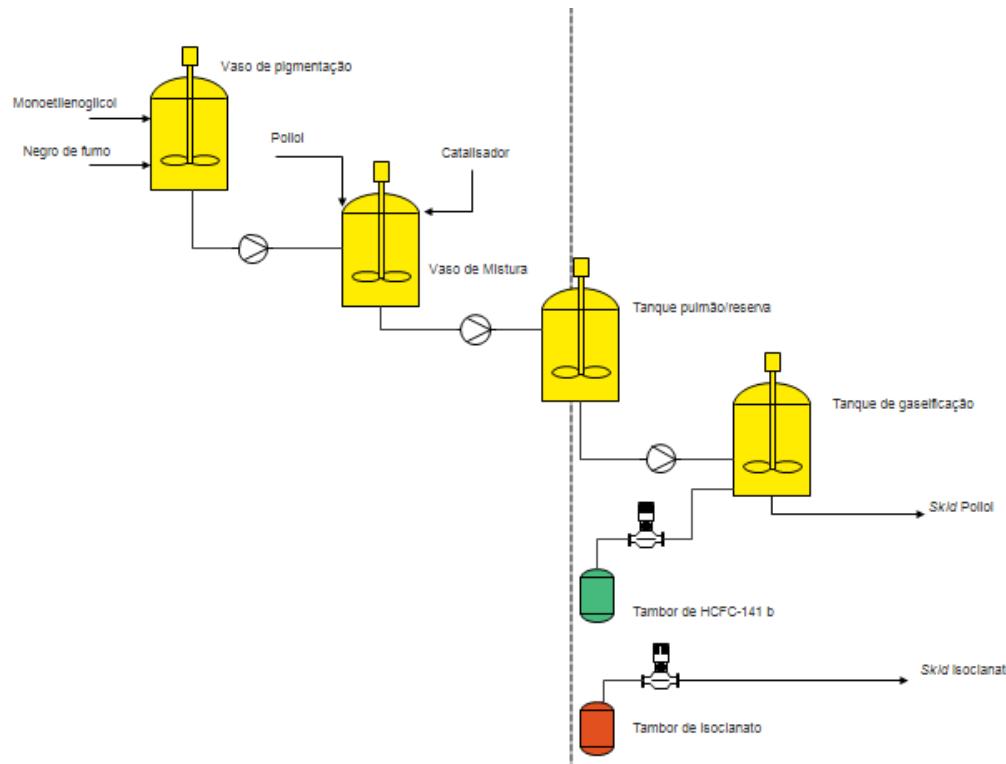


Figura 10: Fluxograma simplificado da etapa de pré-condicionamento das matérias-primas (sistema poliol e sistema isocianato)

As matérias-primas líquidas são recebidas geralmente em tambores de 200 l (poliol, isocianato, monoetilenoglicol, HCFC-141 b), bombonas e barricas de papelão (catalisador) e sacaria (tinta em pó) de diversos fornecedores cadastrados, efetuando avaliação prévia em conformidade com a ISO 9001.

A etapa de pré-condicionamento ou pré-mistura é realizada através da mistura de poliol, catalisador e corante em uma planta composta por dois tanques de inox simples de 500 l e 700 l de capacidade, atmosféricos e com agitação mecânica. Um dos tanques é utilizado para a adição dos corantes (tanque de pigmentação) e o outro tanque é o tanque de mistura. O tempo das bateladas é de aproximadamente 30 minutos (Figura 11).



Figura 11: Área de preparação de mistura.

As proporções em peso das matérias-primas na composição (receita) não foram informadas por questão de segredo industrial.

A pré-mistura é então transferida via bombeamento para outro tanque de armazenamento de polipropileno (tanque reserva) de 2,6 m³ e deste é transferida via bombeamento para o tanque de gaseificação, onde é adicionado à mistura o agente expansor (atualmente HCFC-141 b que será substituído pelo formiato de metila) (Figura 12). O tanque de gaseificação é um tanque balança de aço inox cilíndrico, atmosférico e com capacidade de 600 l.

O agente expansor HCFC-141 b é adicionado numa proporção de 6 a 10% em peso através de transferência de tambor via bomba pneumática. A mistura é agitada por aproximadamente 20 minutos.



Figura 12: Tanque de gaseificação.

Esta mistura (poliol, catalisador, corante e agente expansor) é transferida para o *skid* de injeção de poliol. O *skid* de injeção de poliol é formado por um tanque fechado de 1,5 m³ com agitador, sistema de controle de temperatura, bombas de deslocamento positivo, circuito de recirculação da mistura e painel de controle com CLP.

O sistema isocianato é formado pelo próprio *skid* de injeção de isocianato. O *skid* é formado por um tanque 1,5 m³ de capacidade, com agitador, sistema de controle de temperatura, bombas de deslocamento positivo, circuito de recirculação da mistura e painel de controle com CLP.

Os *skids* de injeção de poliol e isocianato ficam dispostos paralelamente (Figura 13). A temperatura de ambos os componentes nos *skids* é mantida a 25°C. O *skid* da mistura de poliol trabalha com até 10 bar de pressão e o *skid* de isocianato opera com pressão de até 1,0 bar.



Figura 13: *Skids* de Poliol e Isocianato.

Os *skids* de injeção alimentam duas injetoras descontínuas na forma de carrossel. Os dois componentes são bombeados para o cabeçote de mistura (bicos) e deste para os moldes no carrossel (Figura 14). O tempo de mistura é da ordem de segundos (aproximadamente 8 s).

Os tempos de injeção e as quantidades dosadas de ambos os componentes reacionais dependem do tipo de molde que é utilizado nas injetoras. Estes parâmetros estão definidos através de receitas pré-programadas nos CLP dos *skids* de injeção. O tempo de cura é de aproximadamente 03 minutos para desmoldagem.

Nas injetoras existe um controle de temperatura do molde através de um sistema fechado de resfriamento com água para garantir peças com propriedades uniformes, alta qualidade da superfície e boa desmoldagem. A faixa de temperatura é de 40 a 60°C.

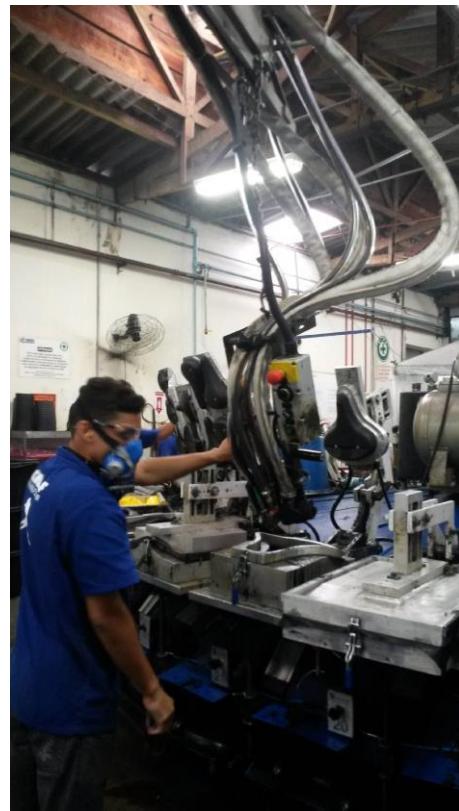


Figura 14: Injeção nos moldes.

Os produtos são desmoldados e enviados para uma esteira transportadora para processo de cura à quente e acabamentos.

Sobre as injetoras em carrossel existem dois sistemas de exaustão, um fixo geral e um móvel que é utilizado no momento de desmolde, quando há maior exposição a vapores. O desmoldante utilizado é base de água.

3.2. METODOLOGIA

A metodologia de análise de risco adotada para analisar os riscos associados a substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila no processo produtivo deste estudo de caso foi baseada e adaptada a partir das seguintes referências técnicas: *Guidelines for Management of Change for Process Safety (CCPS, 2010)* e *Guidance Notes on Management of Change for The Marine and Offshores Industries (ABS, 2013)*.

A metodologia proposta é constituída por 03 etapas:

- Etapa I: Levantamento das propriedades físico-químicas do Formiato de Metila;
- Etapa II: Análise Preliminar de Impacto da Modificação;
- Etapa III: Análise e Avaliação Preliminar dos Riscos da Modificação.

Etapa I: Levantamento das propriedades físico-químicas do Formiato de Metila:

O objetivo desta etapa foi conhecer o comportamento do Formiato de Metila através de suas propriedades físico-químicas comparado com o HCFC-141b e os riscos associados ao seu uso.

Para tanto, foi realizado um levantamento de dados secundários através de consulta de literatura especializada, Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ), manuais e fichas técnicas de fabricantes e artigos científicos.

Etapa II: Análise Preliminar de Impacto da Modificação:

O objetivo desta segunda etapa da análise de riscos foi a contextualização da modificação do processo motivada pela substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila e a realização de uma análise preliminar de potenciais impactos gerados para a execução da substituição.

A contextualização da modificação de processo foi realizada através de reuniões técnicas com as partes interessadas (empresa, fornecedor do produto alternativo, técnicos e consultores). Nestas reuniões foram apresentadas as razões e justificativas para a modificação, premissas que deverão ser adotadas, cenários a serem considerados e desenhos, esquemas ou especificações básicas para o entendimento da modificação proposta para as partes envolvidas.

Ao final das reuniões técnicas de contextualização, é formalizado uma Proposta de Modificação que é o marco inicial para a execução do projeto de conversão tecnológica. O modelo utilizado para a formalização da proposta de modificação é apresentado no Quadro 03.

Quadro 3: Modelo de formulário para Proposta de Modificação

Proposta de Modificação	
Nº. da Proposta de Modificação:	Data inicial:
Processo:	
Título da Modificação:	
Solicitante da modificação:	Posição/Departamento:
Responsável pela modificação:	Posição/Departamento:
Descrição da modificação:	
Anexos (Desenhos, esquemas, especificações, etc.) <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
Razões e justificativas para a Modificação:	
Tipo de Modificação: <input type="checkbox"/> Permanente <input type="checkbox"/> Temporária <input type="checkbox"/> Emergencial	
Em caso de modificação temporária ou emergencial, definir o prazo limite que não deve ser excedido.	

Para análise preliminar de impacto da substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila foi desenvolvido um *checklist* com 09 itens que cobrem 03 aspectos gerais de uma instalação industrial: instalações e equipamentos; operacional e organizacional.

O objetivo desta análise preliminar é identificar potenciais impactos da modificação na instalação industrial e direcionar o escopo de análise para as etapas subsequentes de análise de risco, otimizando recursos e prazos.

A aplicação do *checklist* é feita em reunião de *brainstorming* liderada pelo responsável pela modificação e pelos demais representantes das áreas interessadas.

Uma vez um impacto identificado pela aplicação do *checklist*, a equipe de análise faz uma descrição do mesmo.

O Quadro 04 apresenta o *checklist* desenvolvido para avaliação preliminar de impacto da modificação:

Quadro 4: Checklist de Análise Preliminar de Impacto da Modificação.

Checklist – Análise Preliminar de Impacto da Modificação	
Título da Modificação:	Item 01: Processo
A modificação proposta pode impactar em:	<input type="checkbox"/> Temperatura <input type="checkbox"/> Pressão <input type="checkbox"/> Fluxo <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Nível <input type="checkbox"/> Composição <input type="checkbox"/> Condições de Reação <input type="checkbox"/> Inflamabilidade <input type="checkbox"/> Corrosividade <input type="checkbox"/> Toxicidade
Descrever o impacto:	Item 02: Integridade estrutural e mecânica
A modificação proposta pode impactar em:	<input type="checkbox"/> Estrutura <input type="checkbox"/> Estabilidade <input type="checkbox"/> Tubulações <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Suportações <input type="checkbox"/> Fundações.
Descrever o impacto:	Item 03: Equipamentos e Instrumentação
A modificação proposta pode impactar em:	<input type="checkbox"/> Alarmes <input type="checkbox"/> Sistemas elétricos <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Equipamentos de içar <input type="checkbox"/> Equipamentos sob pressão ou temperatura <input type="checkbox"/> Materiais construtivos <input type="checkbox"/> Dispositivos de alívio de pressão (válvulas de segurança, discos de

Checklist – Análise Preliminar de Impacto da Modificação	
ruptura, respiros, etc. <input type="checkbox"/> Vasos <input type="checkbox"/> Tubulações/Suportação <input type="checkbox"/> Bombas <input type="checkbox"/> Filtros <input type="checkbox"/> Instrumentação <input type="checkbox"/> Corrosão/erosão <input type="checkbox"/> Vibração <input type="checkbox"/> Spare parts	
Descrever o impacto:	
Item 04: Manutenção e Inspeção	
A modificação proposta pode impactar em: <input type="checkbox"/> Teste de trips e alarmes <input type="checkbox"/> Procedimentos de manutenção <input type="checkbox"/> Inspeções <input type="checkbox"/> Equipamentos portáteis <input type="checkbox"/> Padrões de válvulas e tubulações <input type="checkbox"/> Sistemas de bloqueio de energias perigosas	
Descrever o impacto:	
Item 05: Procedimentos Operacionais	
A modificação proposta pode impactar em: <input type="checkbox"/> Instruções operacionais <input type="checkbox"/> Partida de equipamento (<i>Start-up</i>) <input type="checkbox"/> Operação normal <input type="checkbox"/> Parada do equipamento (<i>Shutdown</i>) <input type="checkbox"/> Parada para manutenção <input type="checkbox"/> Operação anormal/emergência <input type="checkbox"/> Comissionamento de equipamentos.	
Descrever o impacto:	
Item 06: Acessos e arranjos gerais	
A modificação proposta pode impactar em: <input type="checkbox"/> Arranjos gerais <input type="checkbox"/> Saídas de emergência <input type="checkbox"/> Acessos de manutenção <input type="checkbox"/> Iluminação <input type="checkbox"/> Escadas e plataformas <input type="checkbox"/> Veículos <input type="checkbox"/> Sistemas de detecção e combate a incêndio <input type="checkbox"/> Ergonomia.	
Descrever o impacto:	
Item 07: Saúde e segurança	
A modificação proposta pode impactar em: <input type="checkbox"/> Segurança do trabalho <input type="checkbox"/> Condições de trabalho <input type="checkbox"/> Equipamentos de Proteção Individual (EPI) <input type="checkbox"/> Superfícies de trabalho <input type="checkbox"/> Arrumação e limpeza (<i>Housekeeping</i>) <input type="checkbox"/> Tipos de ferramentas de trabalho <input type="checkbox"/>	

Checklist – Análise Preliminar de Impacto da Modificação	
Ventilação local exaustora	<input type="checkbox"/>
Isolamento mecânica	<input type="checkbox"/>
Isolamento elétrico	<input type="checkbox"/>
Aterramento e Equipotencialização	<input type="checkbox"/>
Áreas classificadas	<input type="checkbox"/>
Procedimentos de emergência	<input type="checkbox"/>
Equipamentos para emergências médicas.	<input type="checkbox"/>
Descrever o impacto:	
	Item 08: Meio Ambiente
A modificação proposta pode impactar em:	<input type="checkbox"/>
Resíduos sólidos	<input type="checkbox"/>
Efluentes líquidos	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	
Emissões gasosas	<input type="checkbox"/>
Ruído	<input type="checkbox"/>
Requerimentos legais	<input type="checkbox"/>
Vazamentos acidentais	<input type="checkbox"/>
Equipamentos para atendimento a emergências ambientais.	<input type="checkbox"/>
Descrever o impacto:	
	Item 09: Organização
A modificação proposta pode impactar em:	<input type="checkbox"/>
Sistemas de Gestão	<input type="checkbox"/>
Responsabilidades	<input type="checkbox"/>
Práticas de trabalho	<input type="checkbox"/>
Movimentação de pessoal	<input type="checkbox"/>
Capacitações/treinamentos	<input type="checkbox"/>
Requisitos legais	<input type="checkbox"/>
Seguros.	<input type="checkbox"/>
Descrever o impacto:	

Etapa III: Análise e Avaliação Preliminar dos Riscos da Modificação.

Para a análise e avaliação preliminar dos riscos da substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila foi utilizada uma técnica simples de análise e avaliação qualitativa de riscos, denominada de *HAZID – Hazard Identification*.

A técnica HAZID tem por objetivo identificar os perigos mais significativos associados com a mudança proposta, para eliminá-los ou reduzi-los através da aplicação do conceito de segurança intrínseca logo nos primeiros estágios da modificação, de modo a reduzir os impactos de custos e prazos. Trata-se de uma avaliação geral e não busca-se avaliar em profundidade as causas dos eventos estudados. O foco é dado nas consequências dos perigos identificados.

A técnica HAZID foi escolhida por ser uma técnica simples, mas que permite uma avaliação coletiva de conhecimentos e experiências da equipe de análise para identificar os perigos mais significativos. Esta aplicação é feita na forma de discussão multidisciplinar e no preenchimento de planilha específica.

A aplicação do HAZID é conduzida da seguinte forma:

- Definição das áreas, processos e atividades que serão impactados pela substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila (etapa II já apresentada);
- Identificação de perigos (do ponto de vista da modificação) para as áreas, processos e atividades impactadas;
- Descrição das consequências;
- Identificação de medidas de prevenção e controle existentes (barreiras);
- Classificação do risco considerando as barreiras existentes através da matriz de risco;
- Geração de recomendações;
- Classificação do risco residual após a implementação das recomendações propostas.

A planilha para o registro das discussões do HAZID e a matriz de risco utilizada estão apresentadas nos **Anexos III e IV**.

A categorização qualitativa dos riscos serviu como base para a priorização para implementação das recomendações e/ou definição da necessidade de estudos adicionais para redução do nível de incerteza, conforme apresentado no Quadro 05:

Quadro 5: Critérios para Tomada de Decisão

Grau de Risco	Ações
Risco baixo	Não há necessidade de um estudo detalhado de riscos com de outras técnicas. Implementar as recomendações sugeridas.
Risco médio	Realizar estudo de risco detalhado com de outras técnicas se

Grau de Risco	Ações
	especialistas da equipe julgarem necessário. A implementação das recomendações é obrigatória.
Risco alto	A realização de um estudo detalhado dos riscos é obrigatória. A implementação das recomendações é obrigatória e nova avaliação deve ser conduzida visando a redução do risco para os graus médios e baixos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. LEVANTAMENTO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO FORMIATO DE METILA

Para o levantamento das propriedades físico-químicas de interesse do novo agente expansor (Formiato de Metila) foram consultadas as seguintes referências:

- Ficha de Informação de Produto Químico (FISPQ) do Formiato de Metila – Manual de Produtos Químicos do Setor de Emergências Químicas da CETESB;
- Artigo - “Metilal Nova Geração de Agente Expansor Ecológico” - Felipe Bertini Janunci apresentado no Congresso Internacional de Poliuretano em 2012 na UNIVAR
- *Ecomate - Product Highlights and Technical Information Rigid Foams.*
- *Ecomate – Bulk Storage & Handling Guide.*
- *Ecomate – Product Handling Guide.*
- *Ecomate – Material Safety Data Sheet*
- *The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*

De acordo com as fontes de referência consultadas, o formiato de metila é um éster, líquido em condições normais de temperatura e pressão, sem coloração, com odor agradável e produz vapores altamente inflamável (Inflamável Classe 3 – conforme classificação ONU).

As principais características físico-químicas de interesse do Formiato de Metila e do HCFC-141b foram summarizadas na Tabela 5:

Tabela 5: Principais características físico-químicas do Formiato de Metila e do HCFC-141b

Substância	Formiato de Metila	HCFC-141 b
Ponto de fulgor	- 32,2 °C	-
Limite inferior de inflamabilidade	4,5%	7,6%
Limite superior de inflamabilidade	23%	15,1%
Temperatura de auto ignição (°C)	449 °C	325 °C
Energia mínima de ignição	0,5 mJ	20.000 mJ
Ponto de ebulição (°C)	32,1 °C	32 °C
Gravidade específica (a 20°C)	0,980	1,23
Pressão de vapor a 20°C (mmHg)	476,4	517,1
Densidade dos vapores (densidade do ar = 1,0)	2,07	4,0
Solubilidade em água (à 20°C)	30 g/100 ml	-
Classe de Temperatura*	T2	T2
Grupo*	IIA	-
IDLH	4500 ppm	-
LC ₅₀	10.000 ppm	-
TWA	100 ppm	-
STEL	150 ppm	-

*Conformidade em função da Classe de Temperatura de Equipamentos Elétricos e em função do Grupo de Gases X Energia Mínima de Ignição.

Com base nos dados da Tabela 5, pode-se aferir:

- O ponto de fulgor do Formiato de Metila é bastante baixo (-32,2°C), ou seja, o formiato de metila é capaz de gerar vapores em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável por uma fonte externa de calor. Entretanto, o parâmetro ponto de fulgor por si só, não é suficiente para afirmar que a combustão seja mantida após contato com fonte de ignição.

- A menor temperatura de Auto Ignição do Formiato de Metila é de 449°C, que é a temperatura à que o líquido deve aquecer-se para que entre em ignição espontânea e arda. Com base nesta temperatura de auto ignição, o formiato de metila é classificado como classe de temperatura T2 e grupo IIA pelas normas NBR IEC 60079-0 - Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas - Parte 0: Requisitos Gerais e NBR IEC 60079-10-1 - Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas - Parte 10-1: Classificação de áreas – Atmosferas explosivas de gás. Isso significa que os equipamentos elétricos para uso nas áreas onde houver manipulação de deste produto não devem atingir temperaturas superiores a 300°C.
- O limite inferior de inflamabilidade do formiato de metila é de 4,5%, semelhante ao do hidrogênio e do metano. O Limite Inferior de Explosividade LIE, é aquele em que a concentração mínima de vapor-ar por debaixo da qual o fogo não se propaga. A energia mínima de ignição do Formiato de Metila é de 0,5 mJ, que a classifica na Classe IIA. A título de comparação a mínima energia de ignição do HCFC-141 b é 20.000 mJ.
- Em termos toxicológicos, o Formiato de Metila é classificado como pouco tóxico.

Os dados do comportamento do formiato de metila em solução com poliol foram obtidos através dos informativos técnicos dos fornecedores (FSI-ECOMATE).

De acordo com *Product Highlights and Technical Information Rigid Foams* da Ecomate, o *blend* de poliol mais formiato de metila comercializado por este fornecedor gera 1% em volume de vapores inflamáveis no espaço vapor do recipiente (tambores). As concentrações das emissões fugitivas através dos bocais de um tambor são menores que 1% em volume até aproximadamente 5 cm de altura numa faixa de temperatura de 29 a 32°C. Entretanto, esta referência não menciona a proporção de formiato de metila na mistura.

Os dados dos ensaios da FSI, indica os seguintes comportamentos para misturas de poliol com diferentes porcentagens de Formiato de Metila (Tabelas 6 e 7):

Tabela 6: Ponto de fulgor de misturas de poliol e formiato de Metila (método copo fechado)

Poliol	Mistura % (w/w)	Ponto de fulgor
	Formiato de Metila	(Copo fechado - °C)
99,5	0,5	>70
99	1	48
98,5	1,5	39
98	2	25,5
96	4	9,0
94	6	2,0
92	8	-3,0

Tabela 7: Ponto de fulgor de misturas de poliol e formiato de Metila (método copo aberto)

Mistura Poliol/Formiato de Metila (92,5/7,5% w/w%)	Ponto de fulgor (Copo aberto - °C)
Com poliol para spray espuma	64
Com poliol para painéis	68

Os resultados das Tabelas 6 e 7 indicam que a mistura poliol mais formiato de metila possui um ponto de fulgor bem maior que o formiato de metila puro na faixa de temperatura considerada.

Ainda segundo estes ensaios, as misturas de polióis com baixas quantidades de Formiato de Metila apresentam uma baixa tendência a combustão, conforme Tabela 8:

Tabela 8: Inflamabilidade de misturas de poliol e formiato de metila.

Mistura (w/w%)		Combustão (na presença de uma chama)
Poliol (viscosidade 930 mPa.s)	Formiato de Metila	
98	2	Não há ignição.
96	4	Não há ignição.
94	6	Não há ignição.
92	8	Não há ignição.
90	10	Ocorre ignição dos vapores, mas a combustão não se sustenta.
88	12	Ocorre ignição dos vapores, podendo ocorrer novas ignições, mas a combustão não se sustenta.
86	14	Ocorre ignição dos vapores e a combustão se sustenta.

Analizando os dados apresentados na Tabela 8, pode-se dizer como regra geral que soluções de até no máximo 8% em peso de Formiato de Metila são consideradas mais seguras.

Com base nestas informações, verifica-se que o comportamento do Formiato de Metila puro e em solução difere significativamente. Estes aspectos deverão ser considerados na análise dos impactos e riscos nas diferentes etapas do processo produtivo.

4.2. RESULTADOS DA ANÁLISE PRELIMINAR DE IMPACTO DA MODIFICAÇÃO

A análise preliminar de impacto da substituição do agente expansor HCFC-141 b pelo Formiato de Metila foi discutida em 03 reuniões técnicas entre as partes envolvidas lideradas pelo Diretor Industrial.

Em função do aporte de recursos disponibilizados pelo PBH para condução da conversão tecnológica, a liderança da empresa adotou como premissa básica inicial a possibilidade da utilização da infraestrutura e equipamentos existentes, realizando as modificações e adequações que fossem necessárias para minimizar os riscos associados à manipulação de substância inflamável (Formiato de Metila).

Para fins de análise, a equipe de análise preliminar de impacto definiu dois sistemas onde avaliou que as modificações seriam maiores em função da substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila, a saber:

- Sistema I: Recebimento, armazenamento e transferência do Formiato de Metila até o tanque de gaseificação
- Sistema II: Utilização do Formiato de Metila no processo (tanque de gaseificação e *skid* de injeção).

Após a definição dos sistemas de análise, as seguintes informações foram apresentadas e discutidas:

- Quanto a forma de recebimento e armazenamento do Formiato de Metila:

O Formiato de Metila seria recebido em tambores de 200 l. Sua forma de recebimento seria semelhante aos demais produtos recebidos em tambor. A retirada dos caminhões seria realizada através de empilhadeira e a movimentação interna dos tambores seria realizada através de carrinho manual.

Em função do fluxo de produção e prazo de compras, o estoque máximo esperado seria de 04 tambores de Formiato de Metila. Atualmente, não uma área específica para armazenamento dos tambores de substância inflamável na fábrica.

Foi cogitado a utilização de uma sala pré-existente isolada dentro da área de produção que poderia ser adaptada para torna-se uma sala de armazenagem dos tambores de Formiato de Metila.

Foi informado que a sala possui as seguintes dimensões: 2,34 m de largura, 3,97 m de comprimento por 2,10 m de altura e com o seguinte padrão construtivo: paredes em alvenaria com aproximadamente 20 cm de espessura, piso de concreto e acesso único com porta. A sala não possui sistema de contenção para potenciais derramamentos.

- Quanto a forma de transferência do Formiato de Metila para o tanque de gaseificação

O Formiato de Metila seria utilizado no tanque de gaseificação em substituição ao HCFC-141b na forma de bateladas. O tanque de gaseificação localiza-se dentro da área de produção próximo aos *skids* de injeção. Foi informado que a área é bastante congestionada.

Atualmente, a alimentação do HCFC-141b para o tanque de gaseificação é realizada na própria área de produção através de bomba portátil e flexíveis acoplados no tambor.

Foi discutido se a transferência do Formiato de Metila para o tanque de gaseificação poderia ser realizada da mesma forma que a alimentação do HCFC-141 b é realizada. Esta hipótese foi descartada logo de início pela equipe devido aos riscos associados a potenciais derramamentos de Formiato de Metila puro dentro da área de produção e devido à falta de espaço.

Desta forma, foi proposto que o Formiato de Metila deveria ser bombeado da área de armazenamento através de sistema fixo (tubulações) até o tanque de gaseificação.

- Utilização do Formiato de Metila

O Formiato de Metila deverá ser adicionado na proporção de 10% em massa na mistura pré-preparada de poliol (poliol, catalisador, monoetilenoglicol e negro de fumo) no tanque de gaseificação. Após a adição, a solução fica em agitação mecânica constante.

Foi discutido a possibilidade de adaptação do tanque de gaseificação para operar com o Formiato de Metila. Para tanto, seria necessário avaliar a forma de adição do Formiato de Metila no tanque, o comportamento do Formiato em solução, potencial formação de vapores e perigos e riscos associados.

O tanque de gaseificação existente é um tanque balança, vertical, cilíndrico, construído em aço inox e possui 1,22 metros de altura e 0,8 metros de diâmetro. Possui uma tampa de inspeção na sua parte superior do tipo portinhola (meia lua), agitador mecânico e sensor de nível. Operará a temperatura e pressão atmosférica.



Figura 15: Tanque de gaseificação
(tanque balança)



Figura 16: Tampa de inspeção
do tanque de gaseificação



Figura 17: Motor do agitador do
tanque de gaseificação



Figura 18: Células de carga nos
suportes do tanque de
gaseificação

A mistura (poliol, catalisador, corante e Formiato de Metila) é encaminhada para o tanque de consumo diário do *skid* de injeção de poliol. Foi informado que este tanque é um tanque fechado de 1,5 m³ com agitador, sistema de controle de temperatura, bombas de deslocamento positivo e painel de controle com CLP. Do tanque de consumo diário, a mistura será bombeada para o cabeçote de mistura e deste para os moldes no carrossel.

Da mesma forma, foi discutido os impactos que a nova mistura com Formiato de Metila poderia acarretar no *skid* de injeção.

Resumidamente, a equipe de análise identificou que a substituição do HCFC-141 b pelo Formiato de Metila geraria os seguintes impactos mais significativos por sistemas:

Sistema I: Recebimento, armazenamento e transferência do Formiato de Metila até o tanque de gaseificação

- Necessidade de adaptação da sala disponível na área produtiva para armazenamento de produto inflamável;
- Necessidade de instalar uma estrutura fixa de transferência do Formiato dos tambores para o tanque de gaseificação (bomba e tubulação).

Sistema II: Utilização do Formiato de Metila no processo (tanque de gaseificação e *skid* de injeção).

- Necessidade de adaptação do tanque de gaseificação e acessórios para receber o Formiato de Metila;
- Necessidade de adaptação do *skid* de injeção de poliol e acessórios para receber a solução com o novo agente expansor.

O início do projeto de modificação do processo foi formalizado pelo Diretor Industrial conforme o seguinte documento (Quadro 6):

Quadro 6: Proposta de Modificação preenchida.

Proposta de Modificação	
Nº. da Proposta de Modificação: 001	Data inicial: 24/11/2014
Processo: Injeção de peças de poliuretano moldado	
Título da Modificação: Substituição do agente expansor HCFC-141 b pelo Formiato de Metila	
Solicitante da modificação: Diretor Industrial	Posição/Departamento: Diretoria
Responsável pela modificação: Gerente de Operações	Posição/Departamento: Gerente de Produção
<p>Descrição da modificação:</p> <p>Substituir o agente expansor HCFC-141 b pelo Formiato de Metila realizando as modificações e adequações necessárias no processo produtivo para minimizar os riscos associados à manipulação de substância inflamável (Formiato de Metila).</p> <p><u>Sistema I: Recebimento, armazenamento e transferência do Formiato de Metila até o tanque de gaseificação</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de adaptação da sala disponível na área produtiva para armazenamento de produto inflamável; • Necessidade de instalar uma estrutura fixa de transferência do Formiato dos tambores para o tanque de gaseificação (bomba e tubulação). <p><u>Sistema II: Utilização do Formiato de Metila no processo (tanque de gaseificação e skid de injeção).</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de adaptação do tanque de gaseificação e acessórios para receber o Formiato de Metila; • Necessidade de adaptação do skid de injeção de poliol e acessórios para receber a solução com o novo agente expansor. 	

Proposta de Modificação		
Anexos (Desenhos, esquemas, especificações, etc.)	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
FISPQ e Manuais de Fornecedores.		
Razões e justificativas para a Modificação: O HCFC-141 b é uma substância controlada pelo Protocolo de Montreal e seu uso na fabricação de poliuretanos será proibida a partir de 2020.		
Tipo de Modificação: <input checked="" type="checkbox"/> Permanente	<input type="checkbox"/> Temporária	<input type="checkbox"/> Emergencial
Em caso de modificação temporária ou emergencial, definir o prazo limite que não deve ser excedido.		

A análise dos impactos das modificações propostas para a substituição do HCFC-141 b pelo Formiato de Metila foram realizadas através do preenchimento de *Checklists* desenvolvidos para essa finalidade. Os resultados são apresentados nos Quadros 7 e 8.

Quadro 7: *Checklist - Análise Preliminar de Impacto de Modificação – Sistema I*

Checklist – Análise Preliminar de Impacto da Modificação		
Sistema: Recebimento, armazenamento e transferência do Formiato de Metila até o tanque de gaseificação		
Título da Modificação: Adequação da sala para armazenamento e manipulação de tambores de inflamáveis e instalação de estrutura fixa de transferência do Formiato dos tambores para o tanque de gaseificação (bomba e tubulação).		
Item 01: Processo		
A modificação proposta pode impactar em: <input type="checkbox"/> Temperatura <input type="checkbox"/> Pressão <input type="checkbox"/> Fluxo <input type="checkbox"/> Nível <input type="checkbox"/> Composição <input type="checkbox"/> Condições de Reação <input checked="" type="checkbox"/> Inflamabilidade <input checked="" type="checkbox"/> Corrosividade <input type="checkbox"/> Toxicidade		
<u>Descrição do impacto:</u> A sala deverá ser adaptada para o armazenamento e bombeamento de material inflamável. As condições de condições de ventilação e		

Checklist – Análise Preliminar de Impacto da Modificação	
potencias fontes de ignição deverão ser avaliados.	
Item 02: Integridade estrutural e mecânica	
A modificação proposta pode impactar em: <input checked="" type="checkbox"/> Estrutura <input type="checkbox"/> Estabilidade <input checked="" type="checkbox"/> Tubulações <input type="checkbox"/> Suportações <input type="checkbox"/> Fundações.	
<p><u>Descrição do impacto:</u> A sala deverá ser adaptada para o armazenamento e bombeamento de material inflamável. As condições de contenção, drenagem, resistência a fogo, isolamento de risco, passagens e suportações de tubulações, condições de ventilação e potencias fontes de ignição deverão ser avaliados.</p>	
Item 03: Equipamentos e Instrumentação	
A modificação proposta pode impactar em: <input type="checkbox"/> Alarmes <input checked="" type="checkbox"/> Sistemas elétricos <input type="checkbox"/> Equipamentos de içar <input type="checkbox"/> Equipamentos sob pressão ou temperatura <input checked="" type="checkbox"/> Materiais construtivos <input type="checkbox"/> Dispositivos de alívio de pressão (válvulas de segurança, discos de ruptura, respiros, etc. <input type="checkbox"/> Vasos <input checked="" type="checkbox"/> Tubulações/Suportação <input checked="" type="checkbox"/> Bombas <input type="checkbox"/> Filtros <input type="checkbox"/> Instrumentação <input checked="" type="checkbox"/> Corrosão/erosão <input type="checkbox"/> Vibração <input type="checkbox"/> Spare parts	
<p><u>Descrição do impacto:</u></p> <p>Sistemas elétricos – Necessidade de realização de estudo de classificação de áreas elétricas e adequação das instalações elétricas conforme zoneamento.</p> <p>Materiais construtivos, tubulações, corrosão/erosão e bombas – Especificação de materiais construtivos de tubulação, bombas e acessórios compatíveis com o Formato de Metila.</p>	
Item 04: Manutenção e Inspeção	
A modificação proposta pode impactar em: <input type="checkbox"/> Teste de trips e alarmes <input type="checkbox"/> Procedimentos de manutenção <input type="checkbox"/> Inspeções <input checked="" type="checkbox"/> Equipamentos portáteis <input checked="" type="checkbox"/> Padrões de válvulas e tubulações <input type="checkbox"/> Sistemas de bloqueio de energias perigosas	
<p><u>Descrição do impacto:</u></p>	

Checklist – Análise Preliminar de Impacto da Modificação	
Equipamentos portáteis: Emprego de equipamentos portáteis intrinsecamente seguros nas operações com o Formiato de Metila.	
Padrões de válvulas e tubulações: Avaliação do tipo de válvula para utilização em tambores nas operações de drenagem de residual.	
Item 05: Procedimentos Operacionais	
A modificação proposta pode impactar em: <input checked="" type="checkbox"/> Instruções operacionais <input type="checkbox"/> Partida de equipamento (<i>Start-up</i>) <input type="checkbox"/> Operação normal <input type="checkbox"/> Parada do equipamento (<i>Shutdown</i>) <input type="checkbox"/> Parada para manutenção <input type="checkbox"/> Operação anormal/emergência <input type="checkbox"/> Comissionamento de equipamentos.	
<u>Descrição do impacto:</u>	
Instruções operacionais: Elaboração de instruções operacionais quanto ao manuseio de substância inflamável.	
Item 06: Acessos e arranjos gerais	
A modificação proposta pode impactar em: <input type="checkbox"/> Arranjos gerais <input type="checkbox"/> Saídas de emergência <input type="checkbox"/> Acessos de manutenção <input type="checkbox"/> Iluminação <input type="checkbox"/> Escadas e plataformas <input type="checkbox"/> Veículos <input checked="" type="checkbox"/> Sistemas de detecção e combate a incêndio <input type="checkbox"/> Ergonomia.	
<u>Descrição do impacto:</u> Consulta ao Corpo de Bombeiros local quanto às exigências de modificação nos sistemas de detecção e combate a incêndios em virtude da manipulação de substância inflamável.	
Item 07: Saúde e segurança	
A modificação proposta pode impactar em: <input checked="" type="checkbox"/> Segurança do trabalho <input type="checkbox"/> Condições de trabalho <input checked="" type="checkbox"/> Equipamentos de Proteção Individual (EPI) <input type="checkbox"/> Superfícies de trabalho <input type="checkbox"/> Arrumação e limpeza (<i>Housekeeping</i>) <input checked="" type="checkbox"/> Tipos de ferramentas de trabalho <input checked="" type="checkbox"/> Ventilação local exaustora <input type="checkbox"/> Isolamento mecânica <input type="checkbox"/> Isolamento elétrico <input checked="" type="checkbox"/> Aterrramento e Equipotencialização <input checked="" type="checkbox"/> Áreas classificadas <input type="checkbox"/> Procedimentos de	

<i>Checklist – Análise Preliminar de Impacto da Modificação</i>	
emergência <input type="checkbox"/> Equipamentos para emergências médicas.	
<u>Descrição do impacto:</u>	
Segurança do trabalho e EPI: Revisão de PPRA, PCMSO e EPI's necessários para o trabalho com o Formiato de Metila. Implementação de permissão de trabalho à quente e em áreas classificadas.	
Tipos de ferramentas de trabalho: Necessidade de emprego de ferramentas portáteis antifaiscantes.	
Aterramento e Equipotencialização, Áreas Classificadas: Necessidade de aterramento e Equipotencialização das instalações e equipamentos que vão manipular o Formiato de Metila.	
Item 08: Meio Ambiente	
A modificação proposta pode impactar em: <input type="checkbox"/> Resíduos sólidos <input type="checkbox"/> Efluentes líquidos <input type="checkbox"/> Emissões gasosas <input type="checkbox"/> Ruído <input type="checkbox"/> Requerimentos legais <input checked="" type="checkbox"/> Vazamentos acidentais <input type="checkbox"/> Equipamentos para atendimento a emergências ambientais.	
<u>Descrição do impacto:</u> Instalação de sistemas de contenção de vazamentos.	
Item 09: Organização	
A modificação proposta pode impactar em: <input type="checkbox"/> Sistemas de Gestão <input type="checkbox"/> Responsabilidades <input type="checkbox"/> Práticas de trabalho <input type="checkbox"/> Movimentação de pessoal <input checked="" type="checkbox"/> Capacitações/treinamentos <input type="checkbox"/> Requisitos legais <input type="checkbox"/> Seguros.	
<u>Descrição do impacto:</u> Treinamento e capacitação dos funcionários quanto aos riscos relacionados ao Formiato de Metila.	

Quadro 8: Checklist – Análise Preliminar de Impacto da Modificação – Sistema II

Checklist – Análise Preliminar de Impacto da Modificação	
Subsistema: Utilização do Formiato de Metila no Processo.	
Título da Modificação: Adequação do tanque de gaseificação e <i>skid</i> de injeção.	
Item 01: Processo	
<p>A modificação proposta pode impactar em: <input type="checkbox"/> Temperatura <input type="checkbox"/> Pressão <input type="checkbox"/> Fluxo <input type="checkbox"/> Nível <input type="checkbox"/> Composição <input type="checkbox"/> Condições de Reação <input checked="" type="checkbox"/> Inflamabilidade <input checked="" type="checkbox"/> Corrosividade <input type="checkbox"/> Toxicidade</p> <p><u>Descrição do impacto:</u> Necessidade de modificação do tanque de gaseificação e do <i>skid</i> de poliol para operar com soluções de Formiato de Metila. Deverão ser avaliadas o comportamento do Formiato de Metila em solução, no que se refere principalmente a formação de atmosferas inflamáveis/explosivas. Verificação dos controle das fontes de ignição no processo.</p>	
Item 02: Integridade estrutural e mecânica	
<p>A modificação proposta pode impactar em: <input type="checkbox"/> Estrutura <input type="checkbox"/> Estabilidade <input type="checkbox"/> Tubulações <input type="checkbox"/> Suportações <input type="checkbox"/> Fundações.</p> <p><u>Descrição do impacto:</u></p>	
Item 03: Equipamentos e Instrumentação	
<p>A modificação proposta pode impactar em: <input type="checkbox"/> Alarmes <input checked="" type="checkbox"/> Sistemas elétricos <input type="checkbox"/> Equipamentos de içar <input type="checkbox"/> Equipamentos sob pressão ou temperatura <input checked="" type="checkbox"/> Materiais construtivos <input type="checkbox"/> Dispositivos de alívio de pressão (válvulas de segurança, discos de ruptura, respiros, etc. <input checked="" type="checkbox"/> Vasos <input type="checkbox"/> Tubulações/Suportação <input checked="" type="checkbox"/> Bombas <input type="checkbox"/> Filtros <input checked="" type="checkbox"/> Instrumentação <input checked="" type="checkbox"/> Corrosão/erosão <input type="checkbox"/> Vibração <input type="checkbox"/> Spare parts</p> <p><u>Descrição do impacto:</u></p> <p>Sistemas elétricos e instrumentação – Realizar estudo de classificação de áreas</p>	

Checklist – Análise Preliminar de Impacto da Modificação

elétricas e adequação das instalações elétricas conforme zoneamento.

Materiais construtivos, corrosão/erosão e bombas – Especificação de materiais construtivos de tubulação, bombas e acessórios compatíveis com o Formiato de Metila.

Vasos – Necessidade de modificação do tanque de gaseificação e do *skid* de poliol para operar com soluções de Formiato de Metila. Deverão ser avaliadas o comportamento do Formiato de Metila em solução, no que se refere principalmente a formação de atmosferas inflamáveis/explosivas. Verificação dos controle das fontes de ignição no processo.

Item 04: Manutenção e Inspeção

A modificação proposta pode impactar em: Teste de *trips* e alarmes
Procedimentos de manutenção Inspeções Equipamentos portáteis Padrões de válvulas e tubulações Sistemas de bloqueio de energias perigosas

Descrição do impacto:

Procedimentos de manutenção e de inspeção: Adaptação dos procedimentos de manutenção e inspeção levando em consideração os riscos associados a substâncias inflamáveis.

Item 05: Procedimentos Operacionais

A modificação proposta pode impactar em: Instruções operacionais Partida de equipamento (*Start-up*) Operação normal Parada do equipamento (*Shutdown*) Parada para manutenção Operação anormal/emergência Comissionamento de equipamentos.

Descrição do impacto:

Instruções operacionais: Necessidade de revisão de todas as instruções

Checklist – Análise Preliminar de Impacto da Modificação	
operacionais quanto aos riscos associados a substâncias inflamáveis.	
Parada para manutenção: Adaptação dos procedimentos de manutenção e inspeção levando em consideração os riscos associados a substâncias inflamáveis.	
Item 06: Acessos e arranjos gerais	
A modificação proposta pode impactar em: <input type="checkbox"/> Arranjos gerais <input type="checkbox"/> Saídas de emergência <input type="checkbox"/> Acessos de manutenção <input type="checkbox"/> Iluminação <input type="checkbox"/> Escadas e plataformas <input type="checkbox"/> Veículos <input checked="" type="checkbox"/> Sistemas de detecção e combate a incêndio <input type="checkbox"/> Ergonomia.	
<u>Descrição do impacto:</u> Consulta ao Corpo de Bombeiros local quanto às exigências de modificação nos sistemas de detecção e combate a incêndios em virtude da manipulação de substância inflamável.	
Item 07: Saúde e segurança	
A modificação proposta pode impactar em: <input checked="" type="checkbox"/> Segurança do trabalho <input type="checkbox"/> Condições de trabalho <input checked="" type="checkbox"/> Equipamentos de Proteção Individual (EPI) <input type="checkbox"/> Superfícies de trabalho <input type="checkbox"/> Arrumação e limpeza (<i>Housekeeping</i>) <input type="checkbox"/> Tipos de ferramentas de trabalho <input checked="" type="checkbox"/> Ventilação local exaustora <input type="checkbox"/> Isolamento mecânica <input type="checkbox"/> Isolamento elétrico <input checked="" type="checkbox"/> Aterramento e Equipotencialização <input checked="" type="checkbox"/> Áreas classificadas <input type="checkbox"/> Procedimentos de emergência <input type="checkbox"/> Equipamentos para emergências médicas.	
<u>Descrição do impacto:</u>	
Segurança do trabalho e EPI: Revisão de PPRA, PCMSO e EPI's necessários para o trabalho com o Formiato de Metila. Implementação de permissão de trabalho à quente e em áreas classificadas.	
Tipos de ferramentas de trabalho: Necessidade de emprego de ferramentas portáteis antifaiscantes.	

Checklist – Análise Preliminar de Impacto da Modificação	
Aterramento e Equipotencialização, Áreas Classificadas: Necessidade de aterramento e Equipotencialização das instalações e equipamentos que vão manipular o Formiato de Metila.	
Item 08: Meio Ambiente	
<p>A modificação proposta pode impactar em:</p> <p><input type="checkbox"/> Resíduos sólidos <input type="checkbox"/> Efluentes líquidos <input type="checkbox"/> Emissões gasosas <input type="checkbox"/> Ruído <input type="checkbox"/> Requerimentos legais <input checked="" type="checkbox"/> Vazamentos acidentais <input type="checkbox"/> Equipamentos para atendimento a emergências ambientais.</p>	
<p><u>Descrição do impacto:</u> Instalação de sistemas de contenção de vazamentos.</p>	
Item 09: Organização	
<p>A modificação proposta pode impactar em:</p> <p><input type="checkbox"/> Sistemas de Gestão <input type="checkbox"/> Responsabilidades <input type="checkbox"/> Práticas de trabalho <input type="checkbox"/> Movimentação de pessoal <input checked="" type="checkbox"/> Capacitações/treinamentos <input type="checkbox"/> Requisitos legais <input type="checkbox"/> Seguros.</p>	
<p><u>Descrição do impacto:</u> Treinamento e capacitação dos funcionários quanto aos riscos relacionados ao Formiato de Metila.</p>	

Foram identificados 14 impactos principais para as modificações analisadas conforme Quadro 9:

Quadro 9: Resultados da Análise Preliminar de Impacto da Substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila.

Checklist – Análise Preliminar de Impacto da Modificação	
Modificações:	
	<ol style="list-style-type: none"> Adequação da sala para armazenamento e manipulação de tambores de inflamáveis e instalação de estrutura fixa de transferência do Formiato dos tambores para o tanque de gaseificação (bomba e tubulação). Adequação do tanque de gaseificação e <i>skid</i> de injeção.

Checklist – Análise Preliminar de Impacto da Modificação	
Impactos:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Adaptação da sala para o armazenamento e bombeamento de material inflamável através da verificação das condições de contenção, drenagem, resistência a fogo, isolamento de risco, passagens e suportações de tubulações, condições de ventilação e potências fontes de ignição da sala deverão ser avaliados. 2. Necessidade de realização de estudo de classificação de áreas elétricas e adequação das instalações elétricas conforme zoneamento. 3. Especificação de materiais construtivos de tubulação, bombas e acessórios compatíveis com o Formiato de Metila. 4. Emprego de equipamentos portáteis intrinsecamente seguros nas operações com o Formiato de Metila. 5. Avaliação do tipo de válvula para utilização em tambores nas operações de drenagem de residual. 6. Elaboração de instruções operacionais quanto ao manuseio de substância inflamável. 7. Consulta ao Corpo de Bombeiros local quanto às exigências de modificação nos sistemas de detecção e combate a incêndios em virtude da manipulação de substância inflamável. 8. Revisão de PPRA, PCMSO e EPI's necessários para o trabalho com o Formiato de Metila. Implementação de permissão de trabalho à quente e em áreas classificadas. 9. Necessidade de emprego de ferramentas portáteis antifaiscantes. 10. Necessidade de aterramento e Equipotencialização das instalações e equipamentos que vão manipular o Formiato de Metila. 11. Instalação de sistemas de contenção de vazamentos. 12. Treinamento e capacitação dos funcionários quanto aos riscos relacionados ao Formiato de Metila. 13. Necessidade de modificação do tanque de gaseificação e do <i>skid</i> de poliol para operar com soluções de Formiato de Metila. Deverão ser avaliadas o 	

Checklist – Análise Preliminar de Impacto da Modificação
<p>comportamento do Formiato de Metila em solução, no que se refere principalmente a formação de atmosferas inflamáveis/explosivas. Verificação dos controles das fontes de ignição no processo.</p> <p>14. Adaptação dos procedimentos de manutenção e inspeção levando em consideração os riscos associados a substâncias inflamáveis.</p>

4.2.1. Análise e Avaliação Preliminar dos Riscos da Modificação

Através da aplicação do HAZID foram identificados e avaliados 23 riscos associados à substituição do HCFC-141 b pelo Formiato de Metila. As planilhas preenchidas do HAZID estão apresentadas no **Anexo V**.

O Quadro 10 sumariza os perigos associados à substituição proposta e as recomendações geradas.

Quadro 10: Resultados da análise e avaliação preliminar de riscos da substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila.

#	Perigos (Instalação & Operação)	Recomendações
1	Sala sem sistema de drenagem interno.	R1. Instalar sistema de contenção para derramamentos formado por canaletas em todo o perímetro interno da sala, direcionando o fluxo para caixa coletora com capacidade mínima de contenção de um tambor.
2	Uso de ferramentas comuns e estruturas não aterradas.	R2. Para a abertura da tampa de tambores ou outros recipientes contendo inflamáveis deverão ser utilizadas ferramentas antifaiscantes feitas de bronze,

#	Perigos (Instalação & Operação)	Recomendações
		<p>latão, cobre-berílio, etc.</p> <p>R3. Instalar sistema de aterramento e Equipotencialização do tambores e estruturas na sala de inflamáveis atendendo as normas ABNT NBR 5410 e 5419.</p>
3	Ausência de sistema de exaustão na sala.	<p>R4. Instalar sistema fixo de exaustão forçada na sala com vazão de exaustão mínima de 0,3 m³/min.m² garantindo uma concentração menor que 25% do limite inferior de inflamabilidade (NFPA 30).</p> <p>R5. Instalar <i>interlock</i> (intertravamentos) do ventilador com alarme visual e sonoro quando da parada do mesmo, ou seja, o ventilador deve funcionar ininterruptamente.</p> <p>R6. Recomenda-se confirmar a vazão de exaustão do sistema de ventilação através de medição com anemômetro.</p> <p>R7. Recomenda-se realizar medição da máxima concentração de vapores com medidor portátil nas diversas etapas da operação. As medições devem ser realizadas no entorno das fontes de emissão (1,5 m) e verificar se os sistemas de exaustão existentes mantém a concentração abaixo de 25% do limite inferior de inflamabilidade.</p>
4	Utilização de recipientes	R8. Para as atividades de transferência de

#	Perigos (Instalação & Operação)	Recomendações
	abertos para retirada de residual dos tambores.	volumes residuais de formiato de metila dos tambores para outros recipientes, recomenda-se acoplar válvula dosadora no bocal do tambor, colocá-lo em suporte inclinado e transferir para recipientes fechados do tipo “ <i>safety-cans</i> ” o volume residual, com todos os recipientes e estruturas envolvidas aterradas e equipotencializadas.
5	Sala de inflamáveis localizada no interior da fábrica. Comunicação de risco entre a sala de inflamáveis e o restante da produção.	R9. Recomenda-se a instalação de porta corta-fogo com resistência mínima de 90 minutos. R10. Recomenda-se avaliar a resistência das paredes existentes da sala de inflamáveis com relação a incêndio interno. A resistência mínima deve ser de 3 horas. R11. Consultar Corpo de Bombeiros local quanto às exigências para o armazenamento e manipulação de inflamáveis.
6	Instalação de tubulação para transferência de Formiato de Metila até tanque de gaseificação.	R12. Elaborar projeto de isométrico da tubulação considerando as interferências existentes; R13. Instalar tubulação de aço inox sem costura; R14. Sinalizar tubulação do Formiato de Metila com cor e sentido de fluxo conforme

#	Perigos (Instalação & Operação)	Recomendações
		normas pertinentes.
7	Instalações elétricas não classificadas	<p>R15. Realizar estudo de classificação elétrica para sala de inflamáveis;</p> <p>R16. Os equipamentos e instalações elétricas deverão ter nível e tipo de proteção conforme os resultados da classificação de área.</p>
8	Utilização de bombas não compatíveis com o Formiato de Metila.	R17. Avaliar junto a fornecedores a compatibilidade dos materiais construtivos da bomba pneumática ao Formiato de Metila. Caso haja incompatibilidade substituir os internos ou a bomba.
9	Uso de equipamentos não intrinsecamente seguros nas áreas classificadas durante inspeções e manutenções.	R18. Adquirir explosímetro para liberação de áreas antes de inspeções e manutenções.
10	Operadores sem experiência com inflamáveis. Substância nova no processo produtivo.	<p>R19. De acordo com exigência do Ministério do Trabalho e Emprego, através da NR-20, todos os trabalhadores que trabalhem com inflamáveis ou em áreas classificadas devem receber capacitação conforme item 20.11 da Norma Regulamentadora.</p> <p>R20. Elaborar instruções operacionais de todas as etapas que envolvem manipulação com o Formiato de Metila com os requisitos para operação segura.</p>
11	-	Ver recomendação R11.
12	Exposição a novo agente	R21. Realizar avaliação de riscos

#	Perigos (Instalação & Operação)	Recomendações
	químico	ocupacionais atualizando PPRA e PCMSO. R22. Definir os EPIs necessários para a manipulação do Formiato de Metila.
13	-	Ver recomendações R1 e R8.
14	-	Ver recomendações R19 e R20.
15	Utilização de tanque de gaseificação aberto.	Ver recomendação R7. R23. Adaptar a boca de visita do tanque de gaseificação de tal forma a permitir seu completo fechamento e selagem durante o processo da batelada, evitando emissões de vapores inflamáveis. R24. Instalar uma linha de <i>vent</i> (respiro) sobre a tampa do tanque de gaseificação com liberação para área segura (externa ao prédio de produção). Recomenda-se instalar um anel de ar comprimido no interior da linha de <i>vent</i> para ajudar a expulsar e diluir os vapores e um dispositivo corta-chama de final de linha. R25. Reposicionar o tanque de gaseificação para uma área menos congestionada, isolando-o dos demais equipamentos num raio de pelo menos 1,5 metros de cada lado a partir de seu costado. R26. Recomenda-se que a adição do

#	Perigos (Instalação & Operação)	Recomendações
		Formiato de Metila seja realizada por baixo do reator após a adição dos outros componentes da mistura para evitar a geração de vapores.
16	Motor elétrico do agitador mecânico, sensor de nível e de carga não classificados	Ver recomendações R15 e R16. R27: Recomenda-se isolar os contatos elétricos, incluindo unidades seladoras para cabos e barreiras intrínsecas para contatos das células de carga do tanque de gaseificação e outros instrumentos.
17	Vaso não aterrado	R28. Instalar sistema de aterramento e Equipotencialização no tanque de gaseificação e estruturas associadas atendendo as normas ABNT NBR 5410 e 5419.
18	Utilização de bombas não compatíveis com o Formiato de Metila.	Ver recomendação R17.
19	-	Ver recomendações R18, R19 e R20.
20	-	Ver recomendações R18, R19 e R20.
21	-	Ver recomendações R21 e R22
22	Tanque de gaseificação sem contenção secundária.	R29. Instalar sistema de contenção para derramamentos formado por canaletas no entorno do vaso, direcionando o fluxo para caixa coletora com capacidade mínima de contenção igual a 110% do volume do vaso.
23	-	Ver recomendações R19 e R20.

Analizando-se as recomendações, verifica-se que das 29 recomendações geradas para minimizar os riscos associados a substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila, 52% referem-se a modificações nas instalações e equipamentos; 31% relacionados a aspectos operacionais e 17% a aspectos organizacionais.

5. CONCLUSÕES

A aplicação da metodologia proposta para análise dos riscos associados à substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila foi adequada para o nível de complexidade do processo produtivo em tela, onde não havia mudanças significativas das variáveis de processo (temperatura, pressão, mudança de estado, reação química, etc.) Do Formiato de Metila nos trechos e operações analisadas.

Durante a aplicação da metodologia, procurou-se avaliar os aspectos nos quais a Empresa não possui experiência anterior, no caso, operar com um insumo inflamável. Assim, a aplicação da metodologia serviu para um aprofundamento da percepção dos riscos pela troca de experiências entre a empresa, fornecedor do produtos e consultores e a identificação dos principais riscos associados da substituição do agente expansor.

Os resultados obtidos permitiram que a empresa analisasse de forma estruturada os impactos gerados pela substituição do HCFC-141b pelo Formiato de Metila em seu processo produtivo e gerisse os riscos de forma preventiva do processo de conversão tecnológica, garantindo confiabilidade e segurança às instalações, aos operadores e ao meio ambiente.

6. SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DO TRABALHO

As sugestões para a continuidade deste trabalho são:

- Avaliar a efetividade das barreiras protecionais recomendadas no estudo;
- Definir elementos críticos de segurança que deverão ser monitorados para garantir a efetividade das barreiras protecionais propostas.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO 31000:2009 - **Gestão de riscos - Princípios e diretrizes**.

Bergen, S.A. R&D. Management: ***Managing Projects and New Products***. Basil Blackwell, Cambridge, MA, 1990.

CCPS. ***Guidelines for hazard evaluation procedures***, 1992.

CCPS. ***Guidelines for Management of Change for Process Safety***, 2010

FERREIRA, C. **Levantamento e Análise de Dados sobre HCFCs no setor de Espumas**. Brasília: PNUD, 2010.

Giovanni, Moraes - **Sistema de Gestão de Riscos - Princípios e Diretrizes - ISO 31000/2009 Comentada e Ilustrada** - Vol. 1, 2010.

ABS. ***Guidance Notes on Management of Change for The Marine and Offshores Industries***, 2013.

Revista Poliuretano Tecnologia & Aplicações Ed.51

<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/107313.html>. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Acessado em 15/01/2015.

<http://www.cetesb.sp.gov.br/mudancas-climaticas/prozonesp/Prozonesp/7-Objetivo%20do%20Programa>. Acessado em 15/01/2015.

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/tssts-2-5.html. IPCC – Acessado em 10/12/2014.

<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/17331.html>. Protocolo de Quioto – Acessado em 10/12/2014.

<http://www.poliuretanos.com.br/>. Acessado em 04/12/2014

<http://www.protocolodemontreal.org.br/eficiente/sites/protocolodemontreal.org.br/pt-br/site.php?secao=quemsomos>. Acessado em 04/12/2014

<http://www.pslc.ws/macrog/urethane.htm> - Acessado em 05/12/2014.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Ações brasileiras para a proteção da camada de ozônio.** 144 p. 2014. Brasília.

MYHRE, G., D. et al. *Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* STOCKER, T. F. et al. (Ed.) Cambridge: Cambridge University Press; New York: United Kingdom, 2013.

Reaction Injection Moulding (RIM). Creative Urethanes, Inc., Winchester. (<http://www.creativeurethanes.com/reactioninjectionmoldingrim.html>).

Silva, M – **Moldes protótipos para a Produção de peças em RIM.** Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho, Portugal, 2008.

Sutton, Ian. **Process Risk and Reliability Management: Operational Integrity Management.** Editora Elsevier Science, 2010.

SZYCHER, M. **Szycher's Handbook of Polyurethanes**, CRC Press, Boca Raton (FL), 1999.

The Role of NSF's Support of Engineering in Enabling Technological Innovation. II. Reaction injection molding. SRI International, Washington, 1997. <http://www.sri.com/policy/csted/reports/sandt/techin/rim1.html>

Vilar W.D.: **Química e Tecnologia dos Poliuretanos**, 1^a ed., Pronor, S. Paulo, 1993.

Wuebbles, D. J. (1981) ***The relative efficiency of a number of halocarbons for destroying stratospheric ozone.*** Lawrence Livermore National Laboratory report UCID-1824, 1981.

[www.protocolodemontreal.org.br.](http://www.protocolodemontreal.org.br/) **Protocolo de Montreal** - Acessado em 10/12/2014.

ANEXO I – Descrição das Substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal.

SDO		Composição	Nome genérico	Nome comercial comum
Classificação	Nome			
Anexo A/I	CFC-11	CFCl ₃	Tricolofluometano	R-11, Genetron-11, Freon-11
	CFC-12	CF ₂ Cl ₂	Diclorodiofluometano	R-12, Genetron-12, Freon-12
	CFC-113	C ₂ F ₃ Cl ₃	Triclorotrifluoretano	Chlorofluorocarbon-113, Freon 113, Genetron 113, Halocarbon 113, Refrigerant 113, TTE
	CFC-114	C ₂ F ₄ Cl ₂	Diclorotetrafluoretano	Daiflon 114; Freon 114; Forane 114; Genetron 114; Isceon 114
	CFC-115	C ₂ F ₅ Cl	Cloropentafluoretano	Daiflon 115; Freon 115; Forane 115; Genetron 115; Isceon 115
Anexo A/II	Halon 1211	CF ₂ BrCl	Bromoclorodifluorometano	Halon 1211
	Halon 1301	CF ₃ Br	Bromotrifluorometano, Trifluorabramametano	Freon FE 1301; Fluorocarbon-1301; Halon 1301
	Halon 2402	C ₂ F ₄ Br ₂	Dibromotetrafluoretano	-

SDO		Composição	Nome genérico	Nome comercial comum
Classificação	Nome			
Anexo B/I	CFC-13	CF ₃ Cl	Clorotrifluormetano, Monoclorotrifluormetano, Trifluorametil Cloreta	Freon 13; Frigen 13; Arcton 13; Genetron 503
	CFC-111	C ₂ FCl ₅	Pentaclorofluoretano	-
	CFC-112	C ₂ F ₂ Cl ₄	Tetraclorodifluoretano, 1,2- Diofluoro-1, 1,2,2- Tetrafluoroetano	Fluorocarbono 112
	CFC-211	C ₃ FCl ₇	Heptaclorofluoropropano	-
	CFC-212	C ₃ F ₂ Cl ₆	Hexaclorodifluoropropano	-
	CFC-213	C ₃ F ₃ Cl ₅	Pentaclorotrifluoropropano	-
	CFC-214	C ₃ F ₄ Cl ₄	Tetraclorotetrafluoropropano	-
	CFC-215	C ₃ F ₅ Cl ₃	Tricloropentafluoropropano	-
	CFC-216	C ₃ F ₆ Cl ₂	Diclorohexafluoropropano	-
	CFC-217	C ₃ F ₇ Cl	Cloroheptafluoropropan	-
Anexo B/II	CTC	CCl ₄	Tetracloreto de Carbono	Sienkatanso; Carbon Tetrachloride

SDO		Composição	Nome genérico	Nome comercial comum
Classificação	Nome			
Anexo B/III	Metil Clorofórmio	$C_2H_3Cl_3$	1,1,1 tricloroetano	TCA, MCF; Baltane; Genklene P E Pt; Chemlok 252; Kandentriethane; Solvethane; Tree Bonde 1802; Eletro Solv; 1,1,1 – Tri; Arrow C 190 Lec; Cg Triethane
Anexo C/I	HCFC-21	$CHFCI_2$	Diclorofluorometano	Fluorcarbon 21
	HCFC-22	CHF_2Cl	Clorodifluormetano; Difluoroclorometano	Freon 22, R-22; R22; Refrigerant R22; Halocarbon 22, Forane-22; Frigen-22; Solkane-22; Genetron-22; R-22; Dymel- 22; Formacel S; Flugene-22; Solkane-22; Arcton-22; Daiflon-22
	HCFC-31	CH_2FCI	Monoclorofluorometano	-
	HCFC-121	C_2HFCl_4	Tetraclorofluoroetano	-
	HCFC-122	$C_2HF_2Cl_3$	Triclorodifluoroetano	-
	HCFC-123	$CHCl_2CF_3$	Diclorotrifluoroetano; 1,1- Dicloro-2,2,2-Trifluoroetano	Freon 123; R-123; Fluorocarbon 123; FC-123
	HCFC-124	C_2HF_4Cl	Clorotetrafluoroetano; 2-	Freon 124; R-124;

SDO		Composição	Nome genérico	Nome comercial comum
Classificação	Nome			
			Cloro-1,1,1,2-tetrafluoroetano, 1-Cloro-1,2,2,2-tetrafluoroetano	Hydrochlorofluorocarbon 124; FC-124; R-124 a
	HCFC-131	$C_2H_2FCl_3$	Triclorofluoroetano	-
	HCFC-132	$C_2H_2F_2Cl_2$	Diclorodifluoroetano	-
	HCFC-133	$C_2H_2F_3Cl$	Clorotrifluoroetano	-
	HCFC-141	$C_2H_3FCl_2$	Diclorofluoretano	-
	HCFC-141b	CH_3CFCl_2	Diclorofluoroetano; 1,1-dicloro-1-fluoroetano; 1-fluor-1,1-dicloroetano	Freon 141b; R141b
	HCFC-142	$C_2H_3F_2Cl$	Clorodifluoretano	-
	HCFC-142b	CH_3CF_2Cl	Clorodifluoretano; 1-Cloro-1,1-difluoroetano; Difluoro-1-cloroetano; 1,1-Difluoro-1-cloroetano	Freon 142b; Freon142; R-142b
	HCFC-151	C_2H_4FCl	Clorofluoroetano	-

SDO		Composição	Nome genérico	Nome comercial comum
Classificação	Nome			
	HCFC-221	C_3HFCI_6	Hexaclorofluoropropano	-
	HCFC-222	$C_3HF_2Cl_5$	Pentaclorodifluoropropano	-
	HCFC-223	$C_3HF_3Cl_4$	Tetraclorotrifluoropropano	-
	HCFC-224	$C_3HF_4Cl_3$	Triclorotetrafluoropropano	-
	HCFC-225	$C_3HF_5Cl_2$	Dicloropentafluoropropano	-
	HCFC-225 ca	$CF_3CF_2CHCl_2$	Dicloropentafluoropropano	-
	HCFC-225 cb	CF_2ClCF_2CHClF	Dicloropentafluoropropano	-
Anexo C/I	HCFC-226	$C_2H_3Cl_3$	Cloroexafluoropropano	-
	HCFC-231	$C_3H_2FCI_5$	Pentaclorofluoropropano	-
	HCFC-232	$C_3H_2F_2Cl_4$	Tetraclorodifluoropropano	-
	HCFC-233	$C_3H_2F_3Cl_3$	Triclorotrifluoropropano	-
	HCFC-234	$C_3H_2F_4Cl_2$	Diclorotetrafluoropropano	-
	HCFC-235	$C_3H_2F_5Cl$	Cloropentafluoropropano	-
	HCFC-241	$C_3H_3FCI_4$	Tetraclorofluoropropano	-
	HCFC-242	$C_3H_3F_2Cl_3$	Triclorodifluoropropano	-
	HCFC-243	$C_3H_3F_3Cl_2$	Diclorotrifluoropropano	-

SDO		Composição	Nome genérico	Nome comercial comum
Classificação	Nome			
	HCFC-244	$C_3H_3F_4Cl$	Clorotetrafluoropropano	-
	HCFC-251	C_3H_4FCl	Triclorofluoropropano	-
	HCFC-252	$C_3H_4F_2Cl_2$	Diclorodifluoropropano	-
	HCFC-253	$C_3H_4F_3Cl$	Clorotrifluoropropano	-
	HCFC-261	C_3H_5FCl	Diclorofluoropropano	-
	HCFC-262	$C_3H_5F_2Cl$	Clorodifluoropropano	-
	HCFC-271	C_3H_6FCl	Clorofluoropropano	-
Anexo C/II	HBFC-22 B1	CHF_2Br	Derivados do metano, etano ou propano, unicamente com Flúor e Bromo	-
		$CHFBr_2$		-
		CH_2FBr		-
		$C_2HF_2Br_3$		-
		$C_2HF_3Br_2$		-
		C_2HF_4Br		-
		$C_2H_2FBr_3$		-

SDO		Composição	Nome genérico	Nome comercial comum
Classificação	Nome			
		$C_2H_2F_2Br$		-
		$C_2H_2F_2Br_2$		-
		$C_2H_2F_3Br$		-
		$C_2H_3FBr_2$		-
		$C_2H_3F_2Br$		-
		C_2H_4FBr		-
		C_3HFBr_6		-
		$C_3HF_2Br_5$		-
Anexo C/III	Bromoclorometano	CH_2BrCl	Bromoclorometano	
Anexo E/I	Brometo de Metila	CH_3Br	Brometo de Metila	

ANEXO II – Legislação Brasileira relacionada às SDOs em Ordem Cronológica

Ano	Dispositivo	Órgão	Objeto
1981	Lei Federal nº 6.938/1990, de 31 de agosto de 1981.	Presidência da República	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, cria o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais para registro de pessoas físicas ou jurídicas que se dedicam a atividades potencialmente poluidoras e/ou à extração, à produção, ao transporte e à comercialização de produtos potencialmente perigosos ao meio ambiente, assim como de produtos e subprodutos da fauna e flora.
1988	Portaria nº 534, de 19 de setembro de 1988.	Ministério da Saúde	Proíbe a fabricação e a comercialização de produtos cosméticos, de higiene, de uso sanitário doméstico e perfumes sob a forma de aerossóis que contivessem CFC.
1989	Decreto Legislativo nº 91, de 15 de dezembro de 1989	Congresso Nacional	Aprova os textos da Convenção de Viena para a proteção da camada de ozônio, de 1985, e do Protocolo de Montreal sobre substâncias que destroem a camada de ozônio, de 1987.
1990	Decreto Federal nº 99.280, de 06 de junho de 1990	Presidência da República	Promulga os textos da Convenção de Viena para a proteção da camada de ozônio e do Protocolo de Montreal sobre substâncias que destroem a camada de ozônio.
1991	Decreto Federal nº 181, de 24 de julho de 1991	Presidência da República	Promulga os ajustes ao Protocolo de Montreal sobre substâncias que destroem a camada de ozônio de 1987.
1991	Portaria nº 929, de 4 de outubro de 1991.	Interministerial	Cria o Grupo de Trabalho do Ozônio (GTO), composto por órgãos do governo federal e por entidades da iniciativa privada, exercendo a função de comitê técnico-consultivo sobre ações para a proteção da camada de ozônio.
1992	Decreto Legislativo nº 32, de 16 de	Congresso Nacional	Aprova os textos das emendas ao Protocolo de Montreal sobre substâncias que destroem a camada de ozônio

Ano	Dispositivo	Órgão	Objeto
	junho de 1992		adotadas em Londres em 29 de junho de 1990.
1995	Resolução nº 13, de 13 de dezembro de 1995	Conama	Estabelece cronograma de eliminação do consumo das substâncias do Anexo A, de acordo com os diferentes usos.
1996	Decreto Legislativo nº 51, de 29 de maio de 1996	Congresso Nacional	Aprova os textos das emendas ao Protocolo de Montreal sobre substâncias que destroem a camada de ozônio adotadas em Copenhague em 25 de novembro de 1992.
1998	Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998	Presidência da República	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.
1998	Decreto Federal nº 2.679, de 17 de julho de 1998	Presidência da República	Promulga os textos das emendas ao Protocolo de Montreal sobre substâncias que destroem a camada de ozônio adotadas em Copenhague em 25 de novembro de 1992.
1998	Decreto Federal nº 2.699, de 30 de julho de 1998	Presidência da República	Promulga os textos das emendas ao Protocolo de Montreal sobre substâncias que destroem a camada de ozônio adotadas em Londres em 29 de junho de 1990.
1999	Decreto nº 3.179, de 21 de setembro de 1999	Presidência da República	Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às condutas e às atividades lesivas ao meio ambiente.
2000	Lei nº 10.165, de 27 de dezembro de 2000	Presidência da República	Altera a Lei nº 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.
2000	Resolução nº 267, de 14 de setembro de 2000	Conama	Estabelece cronograma de eliminação do uso e importação de substâncias constantes dos Anexos A e B do Protocolo de Montreal.
2002	Instrução Normativa nº 1, de 10 de	Mapa, Anvisa e	Estabelece cronograma de eliminação do uso de brometo de metila para fins agrícolas.

Ano	Dispositivo	Órgão	Objeto
	setembro de 2002	Ibama	
2003	Decreto de 6 de março de 2003	Presidência da República	Cria o Comitê Executivo Interministerial para Proteção da Camada de Ozônio (Prozon), com a finalidade de estabelecer diretrizes e coordenar as ações relativas à proteção da camada de ozônio.
2003	Resolução nº 340, de 25 de setembro de 2003	Conama	Proíbe o uso de cilindros descartáveis na comercialização de CFC-12, CFC114, CFC-115, R-502 e dos halons H-1211, H-1301 e H-2402, define procedimentos para o recolhimento e armazenagem e torna obrigatória a reciclagem.
2004	Instrução Normativa nº 37, de 29 de junho de 2004	Ibama	Ibama estipula a obrigação de registro no Cadastro Técnico Federal (CTF) de todo produtor, importador, exportador, comercializador e usuário de quaisquer das substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal.
2004	Decreto Legislativo nº 212, de 20 de maio de 2004	Congresso Nacional	Aprova o texto das emendas ao Protocolo de Montreal sobre substâncias que destroem a camada de ozônio, aprovadas em Montreal, em 17 de setembro de 1997 e em Pequim em 3 de dezembro de 1999.
2004	Decreto Federal nº 5.280, de 22 de novembro de 2011	Presidência da República	Promulga o texto das emendas ao Protocolo de Montreal sobre substâncias que destroem a camada de ozônio, aprovadas em Montreal, em 17 de setembro de 1997 e em Pequim em 03 de dezembro de 1999.
2008	Instrução Normativa nº 207, de 19 de novembro de 2008	Ibama	Dispõe sobre o controle das importações dos hidroclorofluorcarbonos – HCFCs e misturas contendo HCFCs durante os anos de 2009 a 2012.
2008	Resolução nº 88, de 25 de novembro de 2008	Diretoria Colegiada da Anvisa	Proíbe, a partir de 1º de janeiro de 2011, a produção e a importação de medicamentos inaladores de dose medida que utilizem CFC como gás propelente.
2010	Portaria nº 41, de 25 de fevereiro de	MMA	Estabelece o Grupo de Trabalho sobre HCFCs, com o objetivo de contribuir para a elaboração e a execução do

Ano	Dispositivo	Órgão	Objeto
	2010; Portaria no 75, de 30 de março de 2010; e Portaria no 319, de 30 de agosto de 2010		Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs e seus respectivos projetos.
2012	Portaria nº 212, de 26 de junho de 2012	MMA	Institui no âmbito do Plano Nacional sobre Mudança do Clima o Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH).
2012	Instrução Normativa nº 14, de 20 de dezembro de 2012	Ibama	Dispõe sobre o controle das importações de hidroclorofluorcarbonos (HCFCs) e de misturas contendo HCFCs, e dá outras providências.
2013	Instrução Normativa nº 6, de 15 de março de 2013	Ibama	Regulamenta o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF/APP).

ANEXO III – Planilha HAZID

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Substituição do agente expansor HCFC-141 b pelo Formiato de Metila.							
Sistema/Subsistema analisado: Recebimento e Armazenamento do Formiato de Metila							
Participantes: Gerente industrial, operação, manutenção, segurança e meio ambiente, fornecedor e consultor externo.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos/ Condições perigosas (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/ Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/ Probabilidade
1							

ANEXO IV – Matriz de Risco e Critérios de Tomada de Decisão

Frequente (Várias ocorrências no período de 01 ano em instalações e equipamentos similares)	PROBABILIDADE				RISCO ALTO
					RISCO MÉDIO
			RISCO BAIXO		

	CONSEQUENCIAS			
	Menor	Marginal	Sério	Crítico
Pessoas	Incidentes menores, sem danos ou afastamento.	Dano leve, com alguma perda de tempo.	Uma ou mais lesões, com perda de tempo	Fatalidade ou lesões incapacitantes.
Meio Ambiente	Nenhum dano ou dano não mensurável.	Danos irrelevantes ao meio ambiente e à comunidade externa.	Impactos ambientais cujos efeitos atingem a população externa, mas com reduzido tempo de recuperação.	Impactos ambientais cujos efeitos atingem população externa, podendo provocar morte ou lesões graves, com tempo de recuperação elevado.
Produção	Danos mínimos a equipamento, sem perda ou interrupção de produção.	Danos a equipamentos ou estruturas, com perda e interrupção de produção menor que 24 horas.	Danos maiores a equipamentos e estruturas, com perda e interrupção da produção entre 01 a 05 dias.	Danos sérios a equipamentos e estruturas, com perda e interrupção da produção maior que 05 dias.

CRITÉRIOS DE TOMADA DE DECISÃO

Grau de Risco	Ações
Risco baixo	Não há necessidade de um estudo detalhado de riscos com de outras técnicas. Implementar as recomendações sugeridas.
Risco médio	Realizar estudo de risco detalhado com de outras técnicas se especialistas da equipe julgarem necessário. A implementação das recomendações é obrigatória.
Risco alto	A realização de um estudo detalhado dos riscos é obrigatória. A implementação das recomendações é obrigatória e nova avaliação deve ser conduzida visando a redução do risco para os graus médios e baixos.

ANEXO V – Planilhas HAZID preenchidas

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
1	Processo (Inflamabilidade/corrosividade)	Sala sem sistema de drenagem interno.	Possibilidade de vazamento de líquido inflamável com espalhamento no interior da sala, possibilidade de incêndio/explosão na presença de fonte de ignição, agravado pela presença dos demais tambores.	Nenhuma	Médio (Sério x Provável)	R1. Instalar sistema de contenção para derramamentos formado por canaletas em todo o perímetro interno da sala, direcionando o fluxo para caixa coletora com capacidade mínima de contenção de um tambor.	Médio (Moderado x Provável)

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Data:
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
2	Processo (Inflamabilidade/corrosividade)	Uso de ferramentas comuns e estruturas não aterradas.	Possibilidade de formação de faísca ou descarga eletrostática durante a operação de abertura do tambor. Possibilidade de ignição dos vapores no tambor, incêndio/explosão, lesões no operador.	Nenhuma	Médio (Sério x Provável)	R2. Para a abertura da tampa de tambores ou outros recipientes contendo inflamáveis deverão ser utilizadas ferramentas antifaiscantes feitas de bronze, latão, cobre-berílio, etc. R3. Instalar sistema de aterramento e Equipotencialização do tambores e estruturas na sala de inflamáveis atendendo as normas ABNT NBR 5410 e 5419.	Baixo (Marginal x Improvável)

Planilha de HAZID								
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Participantes: Gerente de produção, representantes de operação, manutenção, Segurança e Meio Ambiente, fornecedor do produto e consultor externo.	Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade	
3	Processo (Inflamabilidade/corrosividade)	Ausência de sistema de exaustão na sala.	Possibilidade de liberação de vapores inflamáveis no interior da sala durante a abertura e troca de tambores (emissões fugitivas). Formação de	Nenhuma	Médio (Sério x Provável)	<p>R4. Instalar sistema fixo de exaustão forçada na sala com vazão de exaustão mínima de 0,3 m³/min.m² garantindo uma concentração menor que 25% do limite inferior de inflamabilidade (NFPA 30).</p> <p>R5. Instalar <i>interlock</i> (intertravamentos) do ventilador com alarme visual e sonoro quando da parada do mesmo, ou seja, o</p>	Baixo (Sério x Muito improvável)	

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
			atmosfera explosiva.			<p>ventilador deve funcionar ininterruptamente.</p> <p>R6. Recomenda-se confirmar a vazão de exaustão do sistema de ventilação através de medição com anemômetro.</p> <p>R7. Recomenda-se realizar medição da máxima concentração de vapores com medidor portátil nas diversas etapas da operação. As medições devem ser realizadas no entorno das fontes de emissão</p>	

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
						(1,5 m) e verificar se os sistemas de exaustão existentes mantém a concentração abaixo de 25% do limite inferior de inflamabilidade.	

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
4	Processo (Inflamabilidade/corrosividade)	Utilização de recipientes abertos para retirada de residual dos tambores.	Vazamento de líquido inflamável com espalhamento no interior da sala, possibilidade de incêndio/explosão na presença de fonte de ignição, agravado pela presença dos demais tambores.	Nenhuma	Médio (Sério x Provável)	R8. Para as atividades de transferência de volumes residuais de metilal dos tambores para outros recipientes, recomenda-se acoplar válvula dosadora no bocal do tambor, colocá-lo em suporte inclinado e transferir para recipientes fechados do tipo "safety-cans" o volume residual, com todos os recipientes e estruturas envolvidas aterradas e equipotencializadas.	Baixo (Marginal x Improvável)

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
5	Integridade estrutural e mecânica (Estrutura/tubulações)	Sala de inflamáveis localizada no interior da fábrica. Comunicação de risco entre a sala de inflamáveis e o restante da produção.	Possibilidade de propagação de incêndios iniciados na sala de inflamáveis para o restante da fábrica.	Nenhuma	Alto (Crítico x Improvável)	<p>R9. Recomenda-se a instalação de porta corta-fogo com resistência mínima de 90 minutos.</p> <p>R10. Recomenda-se avaliar a resistência das paredes existentes da sala de inflamáveis com relação a incêndio interno. A resistência mínima deve ser de 3 horas.</p> <p>R11. Consultar Corpo de Bombeiros local quanto às exigências para o</p>	Médio (Crítico x Muito improvável).

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
						armazenamento e manipulação de inflamáveis.	

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
6	Integridade estrutural e mecânica (Estrutura/tubulações)	Instalação de tubulação para transferência de Formiato de Metila até tanque de gaseificação.	Passagem de tubulação de líquido inflamável por área de produção. Possibilidade de perdas de contenção.	Nenhuma	Médio (Sério x provável)	R12. Elaborar projeto de isométrico da tubulação considerando as interferências existentes; R13. Instalar tubulação de aço inox sem costura; R14. Sinalizar tubulação do Formiato de Metila com cor e sentido de fluxo conforme	Médio (Sério x Improvável).

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
						normas pertinentes.	

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
7	Equipamentos e Instrumentação (Sistemas elétricos, materiais construtivos, tubulações e suportações, bombas, corrosão/erosão)	Instalações elétricas não classificadas	Instalações elétricas como fontes de ignição	Nenhuma	Médio (Sério x Provável)	<p>R15. Realizar estudo de classificação elétrica para sala de inflamáveis;</p> <p>R16. Os equipamentos e instalações elétricas deverão ter nível e tipo de proteção conforme os resultados da classificação de área.</p>	Baixo (Marginal x Improvável)

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
8	Equipamentos e Instrumentação (Sistemas elétricos, materiais construtivos, tubulações e suportações, bombas, corrosão/erosão)	Utilização de bombas não compatíveis com o Formiato de Metila.	Desgaste prematura de internos da bomba pneumática.	Nenhuma	Médio (Marginal x Provável)	R17. Avaliar junto a fornecedores a compatibilidade dos materiais construtivos da bomba pneumática ao Formiato de Metila. Caso haja incompatibilidade substituir os internos ou a bomba.	Baixo (Marginal x Improvável)

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
9	Manutenção e Inspeção (Equipamentos portáteis e padrões de válvulas e tubulações).	Uso de equipamentos não intrinsecamente seguros nas áreas classificadas durante inspeções e manutenções.	Possibilidade de incêndio e explosão.	Nenhuma	Médio (Sério x Provável)	R18. Adquirir explosímetro para liberação de áreas antes de inspeções e manutenções.	Baixo (Marginal x Improvável)

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
10	Procedimentos Operacionais (Instruções Operacionais)	Operadores sem experiência com inflamáveis. Substância nova no processo produtivo.	Necessidade de capacitação de operadores na manipulação com inflamáveis.	Nenhuma	Alto (Sério x Frequentes)	R19. De acordo com exigência do Ministério do Trabalho e Emprego, através da NR-20, todos os trabalhadores que trabalhem com inflamáveis ou em áreas classificadas devem receber capacitação conforme item 20.11 da Norma Regulamentadora. R20. Elaborar instruções operacionais de todas as etapas	Médio (Menor x Provável).

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
						que envolvem manipulação com o Formiato de Metila com os requisitos para operação segura.	

Planilha de HAZID								
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Participantes: Gerente de produção, representantes de operação, manutenção, Segurança e Meio Ambiente, fornecedor do produto e consultor externo.	Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade	
11	Acessos e arranjos gerais (sistemas de detecção e combate a incêndios)	-	-	-	-	Ver recomendação R11.	-	

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
12	Saúde e Segurança (Segurança do trabalho, EPI, Tipos de ferramentas, ventilação local exaustora, aterrramento e equipotencialização e áreas	Exposição a novo agente químico	Riscos ocupacionais	Nenhuma	Médio (Sério x Provável)	<p>R21. Realizar avaliação de riscos ocupacionais atualizando PPRA e PCMSO.</p> <p>R22. Definir os EPIs necessários para a manipulação do Formiato de Metila.</p>	Baixo (Marginal x Improvável)

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Participantes: Gerente de produção, representantes de operação, manutenção, Segurança e Meio Ambiente, fornecedor do produto e consultor externo.
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
	classificadas).						

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação de sala para armazenamento e manipulação de tambores de Formiato de Metila e instalação de tubulação até tanque de gaseificação.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
13	Meio Ambiente (Vazamentos acidentais)	-	-	-	-	Ver recomendações R1 e R8.	-
14	Organização (capacitações/ treinamentos).	-	-	-	-	Ver recomendações R19 e R20.	-

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação do tanque de gaseificação e <i>skid</i> de injeção							
Participantes: Gerente de produção, representantes de operação, manutenção, Segurança e Meio Ambiente, fornecedor do produto e consultor externo.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
1	Processo (Inflamabilidad e corrosividade)	Utilização de tanque de gaseificação aberto.	Durante o processo de adição do Formiato de Metila, poderá haver emanação de vapores inflamáveis na área de produção, com possibilidade de formação	Nenhuma	Alto (Crítico x Frequentes)	Ver recomendação R7. R23. Adaptar a boca de visita do tanque de gaseificação de tal forma a permitir seu completo fechamento e selagem durante o processo da batelada, evitando emissões de vapores inflamáveis. R24. Instalar uma linha de <i>vent</i> (respiro) sobre a tampa do tanque de gaseificação com liberação para área segura (externa ao	Médio (Marginal x Provável).

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação do tanque de gaseificação e skid de injeção							
Participantes: Gerente de produção, representantes de operação, manutenção, Segurança e Meio Ambiente, fornecedor do produto e consultor externo.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
			de atmosfera explosiva, incêndio e explosão.			<p>prédio de produção). Recomenda-se instalar um anel de ar comprimido no interior da linha de vent para ajudar a expulsar e diluir os vapores e um dispositivo corta-chama de final de linha.</p> <p>R25. Repositionar o tanque de gaseificação para uma área menos congestionada, isolando-o dos demais equipamentos num raio de pelo menos 1,5 metros de cada lado a partir de seu costado.</p>	

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação do tanque de gaseificação e skid de injeção							
Participantes: Gerente de produção, representantes de operação, manutenção, Segurança e Meio Ambiente, fornecedor do produto e consultor externo.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
						R26. Recomenda-se que a adição do Formiato de Metila seja realizada por baixo do reator após a adição dos outros componentes da mistura para evitar a geração de vapores.	
2	Equipamentos e Instrumentação (Sistemas elétricos, Materiais construtivos,	Motor elétrico do agitador mecânico, sensor de nível e de carga não	Instalações elétricas como fontes de ignição	Nenhuma	Alto (Crítico x Provável)	Ver recomendações R15 e R16. R27: Recomenda-se isolar os contatos elétricos, incluindo unidades seladoras para cabos e barreiras intrínsecas para contatos das células de carga do	Médio (Sério x Improvável).

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação do tanque de gaseificação e skid de injeção							
Participantes: Gerente de produção, representantes de operação, manutenção, Segurança e Meio Ambiente, fornecedor do produto e consultor externo.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
	vasos, bombas e corrosão/erosão)	classificados				tanque de gaseificação e outros instrumentos.	
3	Equipamentos e Instrumentação (Sistemas elétricos, Materiais construtivos, vasos, bombas e corrosão/erosão)	Vaso não aterrado	Possibilidade de geração de faísca ou descarga eletrostática com incêndio e explosão	Nenhuma	Alto (Crítico x Provável)	R28. Instalar sistema de aterramento e Equipotencialização no tanque de gaseificação e estruturas associadas atendendo as normas ABNT NBR 5410 e 5419.	Médio (Sério x Improvável).

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação do tanque de gaseificação e skid de injeção							
Participantes: Gerente de produção, representantes de operação, manutenção, Segurança e Meio Ambiente, fornecedor do produto e consultor externo.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
4	Equipamentos e Instrumentação (Sistemas elétricos, Materiais construtivos, vasos, bombas e corrosão/erosão)	Utilização de bombas não compatíveis com o Formiato de Metila.	Desgaste prematura de internos da bomba pneumática.	Nenhuma	Médio (Marginal x Provável)	Ver recomendação R17.	Baixo (Marginal x Improvável)
5	Manutenção e Inspeção (Procedimentos de	-	-	-	-	Ver recomendações R18, R19 e R20.	-

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação do tanque de gaseificação e skid de injeção							
Participantes: Gerente de produção, representantes de operação, manutenção, Segurança e Meio Ambiente, fornecedor do produto e consultor externo.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
	manutenção e inspeções)						
6	Procedimentos Operacionais (Instruções operacionais e parada de manutenção)	-	-	-	-	Ver recomendações R18, R19 e R20.	-
7	Saúde e Segurança (Segurança do trabalho, EPI, Tipos de ferramentas, ventilação	-	-	-	-	Ver recomendações R21 e R22	-

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação do tanque de gaseificação e skid de injeção							
Participantes: Gerente de produção, representantes de operação, manutenção, Segurança e Meio Ambiente, fornecedor do produto e consultor externo.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
	local exaustora, aterramento e equipotencialização e áreas classificadas).						
8	Meio Ambiente (vazamentos acidentais)	Tanque de gaseificação sem contenção secundária.	Possibilidade de vazamento de solução com Formiato de Metila com espalhamento no interior da área de produção,	Nenhuma	Médio (Sério x Provável)	R29. Instalar sistema de contenção para derramamentos formado por canaletas no entorno do vaso, direcionando o fluxo para caixa coletora com capacidade mínima de contenção igual a 110% do volume do vaso.	Médio (Moderado x Provável)

Planilha de HAZID							
Título da Modificação: Adaptação do tanque de gaseificação e skid de injeção							
Participantes: Gerente de produção, representantes de operação, manutenção, Segurança e Meio Ambiente, fornecedor do produto e consultor externo.							Data: 05/12/2014
#	Item impactado	Perigos (Instalação & Operação)	Consequências	Medidas de prevenção e controle existentes	Risco Consequência/Probabilidade	Recomendações	Risco Residual Consequência/Probabilidade
			possibilidade de incêndio/explosão na presença de fonte de ignição.				
9	Organização	-	-	-		Ver recomendações R19 e R20.	