



Universidade de Aveiro

Departamento de Química

Ano 2013

**ANTÓNIO MANUEL  
MENDES MOREIRA**

**APLICAÇÃO DO FMEA A ENSAIOS DE ESPUMA  
EM IDI DA FLEXIPOL, S.A.**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Química, ramo Química Analítica e Qualidade, sob a orientação científica do Doutor Fernando Manuel de Jesus Domingues, Professor Associado do Departamento de Química da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho à minha família e colegas da Flexipol.

## **O júri**

Presidente

Doutor Artur Manuel Soares da Silva,  
Professor Catedrático do Departamento de Química da Universidade  
de Aveiro;

Doutor Fernando Manuel de Jesus Domingues,  
Professor Associado do Departamento de Química da Universidade de  
Aveiro;

Maria Elisabete Jorge Vieira da Costa,  
Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia de Materiais e  
Cerâmica;

Luísa Silva Castro Cruz Marinho,  
Mestre em Engenharia Química do Departamento de Produção  
Espumas em Bloco da Flexipol, Espumas Sintéticas, S.A.

## **Agradecimentos**

Agradeço à minha família que me proporcionou bons momentos para o desenvolvimento deste trabalho, em especial à minha mulher Paula e filhos Ana Catarina e Bernardo. Ao cão Ricky do meu filho Bernardo pela companhia nas horas solitárias de estudo e escrita.

À Universidade de Aveiro e em especial ao Prof. Doutor Artur Silva e Prof. Doutor Fernando Domingues.

À Flexipol que proporcionou o desenvolvimento prático deste projeto em especial ao Eng. Adriano Rocha, Diretor Geral, Eng. Gustavo Marques, Diretor de IDi e Eng. Antonino Bertocchini, Gestor de Projetos.

Ao Eng. Pedro da Silva da RH OPCO Academia que me introduziu neste assunto e despertou o interesse até chegar ao desenvolvimento deste trabalho.

Por tudo, um bem-haja a todos.

**Palavras-chave**

FMEA, FMECA, Análise Modal de Falhas, Efeitos e Criticidade.

**Resumo**

A investigação, desenvolvimento e inovação são fundamentais para o progresso das organizações e em especial das empresas modernas e competitivas. A Flexipol como empresa de vanguarda no setor da produção de espumas flexíveis de poliuretano dispõe de um sistema de IDi certificado pela norma NP4457. No âmbito de melhoria contínua surge a oportunidade de aplicar o FMEA (*Failure Mode and Effect Assessment*) a uma das primeiras fases do desenvolvimento das espumas novas ou melhoradas. Neste trabalho aplica-se a metodologia FMEA ao processo de realização de ensaios manuais de espuma com o objetivo de o melhorar e aumentar a confiabilidade dos resultados. Decorrente do FMEA foi possível estabelecer um plano de controlo e confirmações de processo, articulados por um plano de ações.

A base teórica para o desenvolvimento do FMEA encontra-se na monografia FMEA for All, MOREIRA, António, 2012, apresentada na Universidade de Aveiro no âmbito deste mestrado.

**Keywords**

FMEA, FMECA, Failure Mode Assessment, Effects and Criticality.

**Abstract**

Research, Development and Innovation are key factors for the success of institutions and specially modern and competitive companies. Flexipol, as a leader company on the production of polyurethane flexible foams, is certified by the Portuguese standard NP4457 on R&D. On the scope of continuous improvement, we have the opportunity of developing a FMEA (Failure Mode and Effect Assessment) on the first stages of product development. On the present study, the FMEA methodology is applied to the laboratory manual foam tests in order to improve the procedure and increase the reliability of results. Furthermore, it enables the establishment of a control planning and process checking, articulated by an action plan. The theoretical base for this project can be found on the paper FMEA for All, MOREIRA, António, 2012, presented on Aveiro University, on the scope of this master degree.

## Índice

Índice .....	01
Definições .....	03
Lista de figuras e tabelas .....	07
Lista de anexos .....	08
Acrónimos .....	09
Capítulo 1 – Introdução .....	10
Capítulo 2 – Enquadramento teórico .....	12
2.1 – Origem do FMEA .....	12
2.2 – O que é o FMEA .....	12
2.3 – Tipos de FMEA .....	13
2.4 – Vantagens e limitações .....	14
2.5 – Preparação do FMEA .....	15
2.6 – Desenvolvimento do FMEA .....	16
Capítulo 3 – Metodologia .....	21
3.1 – A equipa .....	21
3.2 – Informação recolhida .....	21
3.3 – Modo operativo .....	21
Capítulo 4 – Análise de resultados .....	26
Capítulo 5 – Conclusão .....	30
Referências .....	31
Anexo 01 – Fluxograma de processo .....	37
Anexo 02 – Tabela do P-FMEA .....	38
Anexo 03 – Plano de controlo IDI 01 FXP .....	51
Anexo 04 – Plano de ações IDI FMEA LAB .....	52
Anexo 05 – <i>Check-List</i> de confirmação de processo .....	58
Anexo 06 – Confirmação de processo, desvios e seguimento .....	59
Anexo 07 – Tabela de índices de severidade com aplicação ao IDi .....	60
Anexo 08 – Tabela de índices de ocorrência .....	61
Anexo 09 – Tabela de índices de deteção com aplicação ao IDi .....	62
Anexo 10 – Tabela de índices de exequibilidade .....	63

Anexo 11 – Procedimento de ensaios laboratoriais de espuma de poliéter .....	64
Anexo 12 – Procedimento de ensaios laboratoriais de espuma de poliéter .....	65
Anexo 13 – Situação da <i>hotte</i> e reagentes antes das ações de melhoria .....	66
Anexo 14 – Situação da <i>hotte</i> e reagentes após as ações de melhoria .....	66
Anexo 15 – Mapa de preparação de ensaios .....	67



## Definições

Os acrónimos e definições abaixo aplicam-se aos vários tipos de FMEA, podendo num determinado tipo de FMEA não fazer sentido. Mesmo que algumas destas definições não estejam diretamente enunciadas no texto, é conveniente serem conhecidas de modo a melhor se entender os conceitos do presente documento.

**APQP** – Advanced Product Quality Planning [12], [32]. Conjunto de procedimentos e técnicas usadas para desenvolvimento de produtos em especial na indústria automóvel. São revistos aspetos tais como robustez do desenho, desenho de testes e cumprimento de especificações, capacidade de processos, teste e embalagem de produtos, planos de formação, etc. Requer o desenvolvimento de FMEA, SPC (*Statistic Process Control*), MSA (*Measurement System Analysis*) e PPAP (*Production Part Approval Process*);

**Avaliação de confiança** – Determinação analítica da confiança numérica de um sistema ou parte deste sem testes de demonstração real. Tais avaliações habitualmente usam modelação matemática, resultados de testes que estejam disponíveis e números de confiança estimados;

**Brainstorming** – Tempestade de ideias. Técnica para produzir, por associação livre de ideias, múltiplas soluções para um problema ou questão;

**Caraterística crítica** – Caraterística especial, definida pela *Ford*, que afeta a segurança e/ou pode resultar no não cumprimento da legislação, requerendo controlo a 100% [12];

**Causa** – Motivo pelo qual um elemento particular do desenho ou processo resulta num modo de falha [12];

**Confiança** – Probabilidade de um desempenho específico de uma peça de equipamento ou sistema, para um dado período de tempo, quando usado dum modo específico;

**Cpk** – Índice de capacidade do processo,  $Cpk = \text{MIN}\{(\mu - \text{LIE})/3\sigma, (\text{LSE} - \mu)/3\sigma\}$ , sendo LIE e LSE os limites inferiores e superiores da especificação,  $\mu$  a média e  $\sigma$  o desvio padrão [37];

**Criticidade** – Produto dos índices de severidade e ocorrência. Atribuição da importância relativa ao equipamento ou sistema que permite estabelecer prioridade no planeamento de ações de melhoria [12], [33];

**Defeito crítico** – Defeito cuja avaliação ou experiência indica que pode resultar em perigo ou condições inseguras para uso individual ou manutenção do produto/processo/serviço/equipamento que pode resultar em falha no cumprimento dos requisitos;

**Deteção** – Probabilidade de perceber a falha ou seus efeitos. Quão difícil é detetar o modo de falha ou causa [12];

**Eficácia das ações** – Variação percentual do RPN inicial para o final,  $\frac{RPN_i - RPN_f}{RPN_i} \times 100$  [04];

**Eficiência das ações** – Variação do RPN inicial para o final ponderado para o fator de exequibilidade (F),  $\frac{RPN_i - RPN_f}{F}$ . A um maior valor corresponde a melhor ação [03];

**F** – Fator de exequibilidade. Grau de exequibilidade de uma ação de melhoria como proposto por Zigmund Bluvband em Expanded FMEA [03];

**Falha** – A incapacidade de um sistema, subsistema, componente, atividade ou tarefa para desempenhar a função requerida ou cumprir os requisitos especificados;

**Fiabilidade** – Exprime a probabilidade de que um sistema não falhe num determinado período de tempo. Pode também ser designada como confiabilidade;

**FMEA** – *Failure Mode and Effect Assessment*;

**FMECA** – *Failure Mode, Effect and Criticality Assessment*;

**FTA** – *Fault Tree Analysis*. Árvore de falhas ou eventos. Ferramenta usada para identificar múltiplos pontos de falha; mais do que uma condição pode ocorrer para que aconteça uma falha em particular. Começa por um iniciador indesejado, p.ex. a falta de eletricidade [35];

**Função** – Determinação das necessidades e expectativas, recorrendo a QFD, matrizes de priorização e *brainstorming* [12];

**HAZOP** – *Hazard and Operability Study*. Análise qualitativa do dispositivo ou bem do ponto de vista do utilizador e da sua interface. Exame estruturado e sistemático de um processo planeado ou existente de modo a identificar e avaliar problemas que possam representar um risco para o pessoal ou equipamento, ou proporcionar operações eficientes.

Faz parte de programas de gestão do risco conjuntamente com o FMEA, por exemplo, obrigatório pela FDA (Food and Drug Administration, USA) *Design Control Process*;

***Ishikawa Diagram*** – diagrama de causa e efeito ou espinha de peixe. Relaciona causas com efeitos, até obter as causas raiz que provocam o efeito. Desdobra-se em 8 ramos principais (7M'S) atendendo a causas relativas a Métodos, Materiais, Máquinas, Mão-de-obra, Meio ambiente, Medições, Manutenção e Software;

***Jidoka*** – termo criado pela Toyota. Permitir que as máquinas e os operadores tenham a possibilidade de detetar uma condição anormal e interromper imediatamente o trabalho prevenindo a falha;

***Lean (thinking, management)*** – disciplina no modo de pensar e gerir com vista a eliminar os desperdícios e promover a melhoria contínua dos processos, reforçando a posição competitiva da organização;

**Modo de falha** – A descrição física da ocorrência da falha e das condições de operação nesse momento [12];

**Mecanismo de falha** – O processo físico que resulta na falha completa ou parcial do equipamento;

**Ocorrência** – Probabilidade de acontecer a falha ou a causa da mesma [12];

**PDCA** – *Plan, Do, Check and Act*. Ciclo de melhoria contínua;

***Poka-Yoke*** – Método que serve para evitar o erro pelo uso de mecanismos de controlo na fonte. O *Poka-Yoke* é uma técnica que previne ou elimina falhas [26];

**QFD** – *Quality Function Deployment*. Metodologia de desdobramento da função qualidade utilizando cartas e matrizes para expressar os pontos críticos da garantia da qualidade, do ponto de vista do cliente, a serem transferidos para as etapas do projeto e fabrico [12], [18];

**RCM** – *Reliability Centered Maintenance*. Disciplina que usa a análise de potenciais falhas e determina as ações de manutenção para mitigar o risco de falha;

**RPN** – *Risk Priority Number* – Produto dos índices de severidade, ocorrência e deteção [12];

**Severidade** – Gravidade da falha. Quão sério ou grave é o impacto do efeito final [12];

**SPC** – *Statistical Process Control*. Análise estatística do processo que inclui ferramentas tais como, diagramas de Pareto, diagramas de *Ishikawa*, histogramas, cartas de controlo, gráficos de dispersão, gráficos em geral, *check-lists* [12];

**Taxa de falha** – frequência da falha em função do tempo. Se a taxa da falha é constante, é frequentemente expressa como o inverso do MTBF (*mean time between failures*);

**TRE** – *Total Risk Estimate*. Estimativa do risco global do sistema ou projeto, definido como  $\frac{\sum_i^n RPN_i}{1000n} \times 100\%$ , cujo valor pode variar entre 0,1% e 100%, como definido em Zigmund Bluvband em Failure Analysis of FMEA [04];

**5 WHY** – Cinco porquês. Ferramenta de busca de causas raiz interrogando sempre o porquê do sucedido, eliminando causas que por si mesmas são efeitos.

## **Lista de figuras**

Figura 01 – Fases de elaboração do FMEA

Figura 02 – Diagrama funcional do FMEA

Figura 03 – Diagrama do processo de decisão

Figura 04 – Gráfico de RPN para cada causa do FMEA

Figura 05 – Representação gráfica dos valores iniciais de RPN

Figura 06 – Representação gráfica dos valores finais expetáveis de RPN

Figura 07 – Representação gráfica dos valores iniciais e expetáveis de RPN

## **Lista de tabelas**

Tabela 01 – Tabela genérica de FMEA

## **Lista de anexos**

Anexo 01 – Fluxograma de processo

Anexo 02 – Tabela do P-FMEA

Anexo 03 – Plano de controlo IDI 01 FXP

Anexo 04 – Plano de ações IDI FMEA LAB

Anexo 05 – Check-List de Confirmação de Processo

Anexo 06 – Confirmação de processo, desvios e seguimento

Anexo 07 – Tabela de índices de severidade adaptada ao IDi

Anexo 08 – Tabela de índices de ocorrência

Anexo 09 – Tabela de índices de deteção adaptada ao IDi

Anexo 10 – Tabela de índices de exequibilidade

Anexo 11 – Procedimento de ensaios laboratoriais de espuma de poliéter

Anexo 12 – Procedimento de ensaios laboratoriais de espuma de poliéster

Anexo 13 – Situação da *hotte* e reagentes antes das ações de melhoria

Anexo 14 – Situação da *hotte* e reagentes após ações de melhoria

Anexo 15 – Mapa de preparação de ensaios

## **Acrónimos**

**APQP** – *Advanced Product Quality Planning*

**FMEA** – *Failure Mode and Effect Assessment*

**FMECA** – *Failure Mode, Effect and Criticality Assessment*

**FTA** – *Fault Tree Analysis*

**HAZOP** – *Hazard and Operability Study*

**PDCA** – *Plan, Do, Check and Act*

**QFD** – *Quality Function Deployment*

**RCM** – *Reliability Centered Maintenance*

**RPN** – *Risk Priority Number*

**SPC** – *Statistical Process Control*

**TRE** – *Total Risk Estimate*

**5 WHY** – *Cinco porquês*

## Capítulo 1 – Introdução

A Flexipol, Espumas Sintéticas, S.A., é uma empresa criada em 1964, que ao longo do tempo tem desenvolvido soluções em espumas de poliuretano para as indústrias automóvel, colchoaria e conforto.

Nas suas instalações, em São João da Madeira, Portugal, fabricam-se espumas flexíveis de poliuretano baseadas em polímeros de tipo poliéster e poliéter, conforme o fim a que se destinam. As características e requisitos de algumas espumas técnicas obrigaram a criar uma estrutura organizacional dedicada à investigação, desenvolvimento e inovação, cientes de que o sucesso empresarial passa pela inovação e o desenvolvimento de novos produtos. Este processo requer um sistema cuidado, eficaz e eficiente, hoje em dia certificado pela norma NP4457. Na Flexipol, o desenvolvimento de novos produtos passa por um processo denominado APQP (*Advanced Product Quality Planning*), desenvolvido pela indústria automóvel, e subprocessos de realização faseada do produto, com vista à sua industrialização e comercialização. Um destes subprocessos é a investigação a nível laboratorial onde se comprovam as diretrizes chave para a obtenção do produto e sua industrialização. São realizados ensaios de espumas e avaliadas as suas características. Em caso de sucesso passa-se para novos estágios de realização do produto a nível piloto e/ou industrial.

As espumas de poliuretano são obtidas por reação entre um ou mais polióis de cadeia poliéter ou poliéster com isocianatos, no nosso caso aromáticos. São duas as reações que ocorrem concomitantemente para a formação da espuma. A reação de formação de CO<sub>2</sub>, pela reação entre a água e o isocianato, e a reação de formação do polímero de uretano, por polimerização de adição entre o polioliol e o isocianato. A cinética destas duas reações principais é influenciada por catalisadores, e a estabilidade das células de gás que formam a espuma é controlada por tensioativos. Estes últimos promovem a estabilidade da mistura reativa durante a fase de expansão, controlando o colapso parcial da espuma permitindo-lhe o obter um determinado grau de permeabilidade ao ar. Este efeito evita a contração da estrutura alveolar por diminuição interna da pressão de CO<sub>2</sub> contido nas células por efeito de arrefecimento e difusão, uma vez que a temperatura no interior da massa de espuma pode chegar aos 160°C durante a fase de estabilização, onde ocorrem reações em fase



sólida. Adicionam-se alguns aditivos que permitem obter características especiais da espuma, tais como melhor comportamento à chama ou hidrólise.

Sendo que a estequiometria das reações decorrente das proporções dos vários reagentes tem um impacto muito significativo nas propriedades finais da espuma (densidade volúmica, resistência à compressão, deformação remanente após envelhecimento seco ou húmido, resiliência ou histerese, etc.) surge a necessidade de minimizar a influência do método de preparação laboratorial de espumas. Sendo o processo laboratorial de preparação de espumas fundamental para as decisões relativas aos vários projetos de produto é de todo desejável que seja minimizado o risco de falha. Para tanto, decidiu-se aplicar a metodologia de P-FMEA, neste documento genericamente designado como FMEA, uma vez que a análise incide sobre o modo operativo (ver tipos de FMEA). Uma vez desenvolvido o FMEA houve informação suficiente para o aprofundamento do sistema geral de qualidade, nomeadamente no estabelecimento do plano de controlo do laboratório e respetivas confirmações de processo.

É objetivo deste trabalho demonstrar a utilização da metodologia FMEA a processos laboratoriais no âmbito químico, aumentando a confiabilidade dos resultados por diminuição da probabilidade de falha, reforçando os sistemas de qualidade implementados ou a implementar, aumentando a eficiência e eficácia do laboratório.

O presente trabalho está dividido em 5 capítulos, iniciando pelos fundamentos teóricos do FMEA e terminando no impacto do trabalho desenvolvido.

## Capítulo 2 – Enquadramento teórico

### 2.1. Origem do FMEA

O FMEA surge no âmbito militar após a segunda grande guerra mundial. A primeira norma referente a esta metodologia é a MIL-P-1629, Nov.1949 – *Procedure for performing failure mode effect and criticality analysis, United States Military Procedure* [29]. Nos anos 60, aplica-se a metodologia no programa Apollo, NASA, Ago.1966 – *Procedure for failure mode, effects, and criticality Analysis* [02].

Na década de 70, é adotado como ferramenta de melhoria pela *Ford*, sendo integrada pela IATF (*International Automotive Task Force*) como requisito obrigatório dos sistemas QS9000 e atualmente do *Technical Standard ISO TS16949*, Manual AIAG FMEA (*Automotive Industry Action Group, 4ªed., Jun2008*) e VDA (vol.4, cap.3, Dez2006) da *Volkswagen*. Expande-se para outras indústrias tais como a elétrica e eletrónica, genérica de transportes e de tecnologia avançada, havendo já aplicação na área da saúde, nomeadamente em laboratórios e hospitais.

### 2.2. O que é o FMEA

O FMEA é uma ferramenta analítica indutiva de estruturação e prevenção de falhas e seus efeitos. Permite analisar e hierarquizar as falhas através do estabelecimento do índice de risco, RPN. O seu objetivo é a deteção e análise precoce de falhas potenciais permitindo tomar ações de melhoria. Tal pode ocorrer pela atuação nos efeitos da falha (severidade), diminuição da ocorrência da falha ou das suas causas, ou no âmbito da deteção da falha ou causas da mesma. Deste modo aumenta-se a fiabilidade do sistema, produto, processo, serviço ou equipamento. O FMEA aplica-se a produtos e tecnologias novas ou existentes, a sistemas e processos em fase de conceção ou já implementados e a robustecer, a serviços, a *software*, a equipamentos e a segurança. O FMEA, por si mesmo, não é um método de resolução de problemas mas usa outras ferramentas conhecidas para tal. São estas o *brainstorming*, pareto de falhas, sistemática de falhas ocorridas, ou experiência e conhecimento dos colaboradores da organização. Interliga com outros sistemas com o FTA (*Failure Tree Analysis*) [35] e HAZOP (*Hazard and Operability Study*). Permite ver o sistema, produto ou processo de um ponto de vista global, partindo de uma visão macro ao

detalhe (*top-down*) ou partindo dos modos de falha dos componentes ou operações até às falhas do sistema (*bottom-up*).

O facto de uma organização ter um FMEA estabelecido não significa que não ocorram falhas. Permite que a organização conheça a probabilidade destas ocorrerem e qual o impacto esperado. Para alcançar tal objetivo, o FMEA terá de ser revisto periodicamente ou sempre que ocorra uma modificação ao sistema, produto, processo ou serviço.

O acrónimo FMEA, ao longo do tempo, passou a designar de modo genérico o FMECA, onde está associada a avaliação de criticidade (*Criticality Assessment*). A cada modo de falha são atribuídos índices, de severidade relativos às consequências da falha, de ocorrência relativos à probabilidade de acontecer a falha e de deteção relativos à capacidade atual de perceber a falha ou suas causas. Os índices expressam-se numa escala de 0 a 10. É calculado o número potencial de risco (RPN – *Risk Priority Number*) com base no produto dos três índices (severidade, ocorrência e deteção), obtendo-se o nível de risco do modo de falha, que varia entre 1 e 1000. Priorizando o nível de risco dos modos de falha estabelecem-se ações de modo a baixar um ou mais índices e, em consequência, baixar a criticidade.

### **2.3. Tipos de FMEA**

Os tipos de FMEA variam de acordo com o seu âmbito [12].

C-FMEA - usado para analisar conceitos numa fase inicial antes dos bens ou processos serem definidos em detalhe. Focaliza-se nos modos potenciais de falha associados às funções ou conceitos propostos;

D-FMEA - usado para analisar o desenho e funções dos produtos antes de serem lançados em produção e no mercado. Foca-se nas falhas potenciais associadas às funções do produto e causadas por deficiências no desenho. Realiza-se a nível de sistema, subsistema e componentes.

P-FMEA - usado para analisar processos já desenvolvidos, em funcionamento, ou em projeto. Foca-se nas potenciais falhas associadas à segurança / eficácia / eficiência e às funções do produto causadas por problemas do processo, seja fabrico ou montagem.

M-FMEA - usado para analisar equipamentos e consequências das falhas permitindo estabelecer planos de manutenção e lista de peças críticas. Interliga com sistemas de RCM

(*Reliability Centered Maintenance*). Por exemplo, no âmbito aeronáutico, usa-se para conseguir estabelecer o nível de risco admitido pela *Federal Aviation Administration* de perda de 1 vida por cada mil milhões de horas de operação (*Safety Engineering*).

S-FMEA - usado para analisar serviços (incluindo a serventia do produto, associado com a manutenção pós-venda e falhas de serviço), procedimentos administrativos ou *software*. É semelhante ao P-FMEA embora incidindo não sobre um fluxo de materiais mas sobre tarefas ou atividades.

#### **2.4. Vantagens e limitações**

O FMEA permite conhecer detalhadamente sistemas, processos e produtos, previne a ocorrência de falhas e pode diminuir o impacto da não conformidade. Diminui a probabilidade de insatisfação do cliente por produto defeituoso e ocorrência de falhas, limitando os seus efeitos, melhorando a competitividade e imagem. Meio seguro e objetivo de estruturar operações e procedimentos críticos de manutenção. Proporciona entradas para a conceção de planos de controlo de processo e produto focalizados na prevenção e minimização de custos, auxilia na conceção de planos de contingência, securização e resolução de problemas, permitindo detetar, conter ou eliminar erros sistemáticos concorrendo para assegurar o controlo estatístico dos processos (SPC). As ações de melhoria contínua são suportadas por dados e estabelecidas de modo criterioso, com o máximo de efeito potencial para a organização. Podem ser monitorizadas e avaliadas em eficácia e eficiência, com investimento estruturado e critérios bem definidos. A análise de criticidade desenvolvida no âmbito do FMEA permite à organização a diminuição de custos pela prevenção, bem como redução do tempo de desenvolvimento, custos de falha do produto e alterações de última hora. A organização terá o seu *know-how* documentado, estabelecendo-se uma cultura de prevenção, diminuição do erro e aumento da qualidade e desempenho.

O desenvolvimento do FMEA é um processo moroso, requerendo um investimento considerável em tempo da equipa, podendo incluir formação e treino. Um projeto de FMEA pode levar de 3 meses a um ano, dependendo do âmbito e recursos envolvidos. Não raras vezes são detetadas oportunidades de melhoria que supõem ganhos rápidos.

## 2.5. Preparação do FMEA

A preparação do FMEA inicia-se pela formação da equipa que deverá ser constituída por um núcleo duro de 4 a 6 pessoas com conhecimentos específicos na sua área e outros elementos que não tenham conhecimento direto no âmbito de atuação. Deverá existir um facilitador que moderará as reuniões e assegurará o cumprimento dos critérios estabelecidos, agenda e tempo. Haverá que ponderar a necessidade de formação genérica em FMEA para os intervenientes da equipa.

A equipa deverá avaliar o âmbito, definir e calendarizar as fases do FMEA. Deve questionar qual o propósito do sistema, desenho, processo ou serviço, e o que pretende o cliente. Terá de identificar as funções e/ou requisitos, os tipos de falhas que possam ocorrer, os efeitos e possíveis causas das falhas. Relacionar as medidas de deteção e prevenção de falhas existentes, avaliar o risco de cada causa de falha, estabelecer ações para diminuir os riscos e seguimento das mesmas, com reavaliação de resultados.

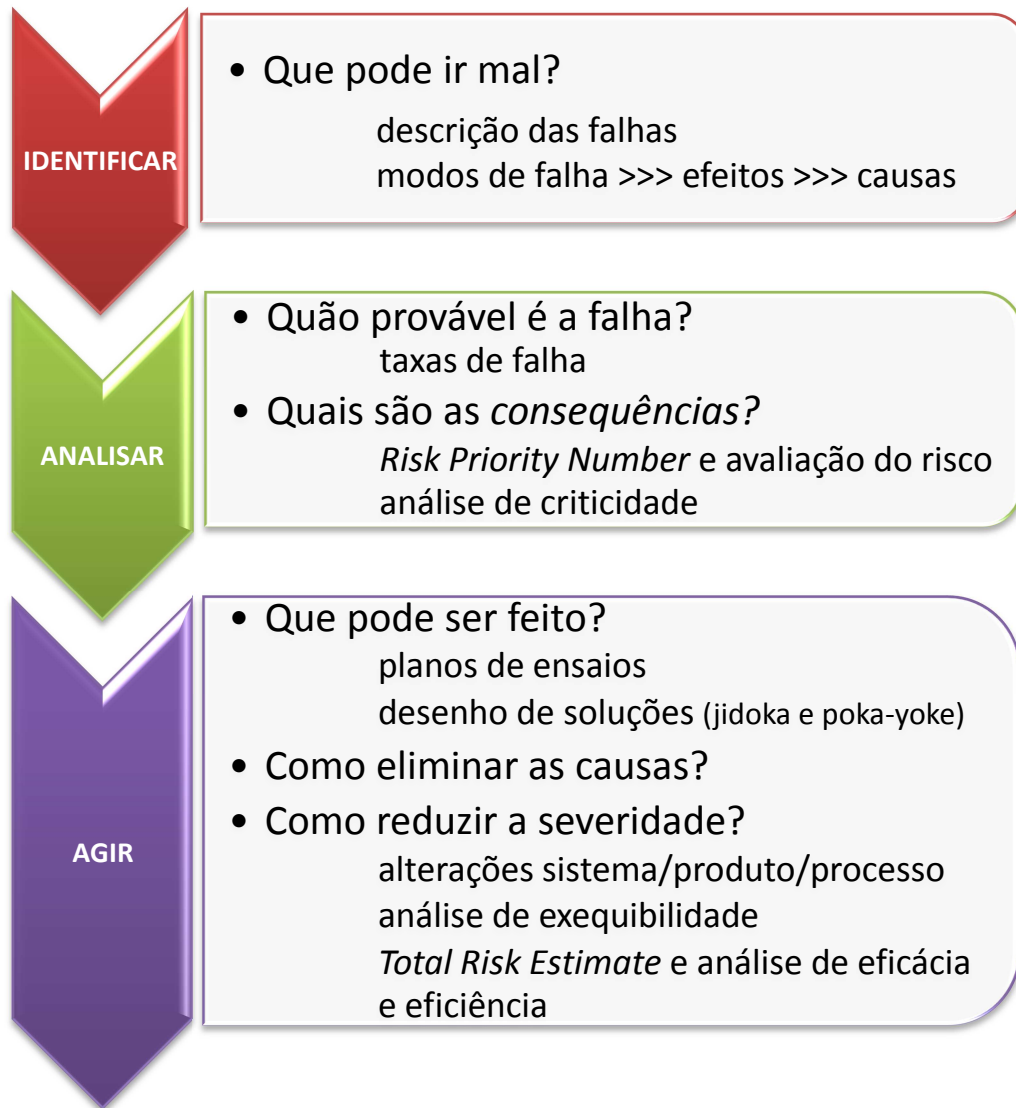
A recolha documental é uma das primeiras atividades da realização de um FMEA, materializando-se em:

- Sinóticos, diagramas de fluxo e de blocos, que evidenciem inter-relações entre componentes e operações, *layouts*;
- Descrições do sistema, protocolos, procedimentos e instruções de trabalho;
- Desenhos, esquemas, especificações de produto, resultados de ensaios;
- Requisitos do produto/processo, lista de materiais e roteiros;
- Capacidade da máquina e indicadores de falhas/avarias;
- Outros documentos que possam já existir como plano de controlo, FTA, perfis ambientais, etc.

No processo de FMEA assume-se que apenas ocorre a falha sob análise, independentemente de todas as outras possibilidades de falha. Se houver elementos ou processos redundantes então considera-se que estes funcionam corretamente para o caso do elemento ou processo principal falhar. Quando um efeito da falha se propaga a um nível superior do sistema de modo a fazer com que este falhe, ou coloca em risco a integridade de pessoas e bens, a falha é considerada como crítica.

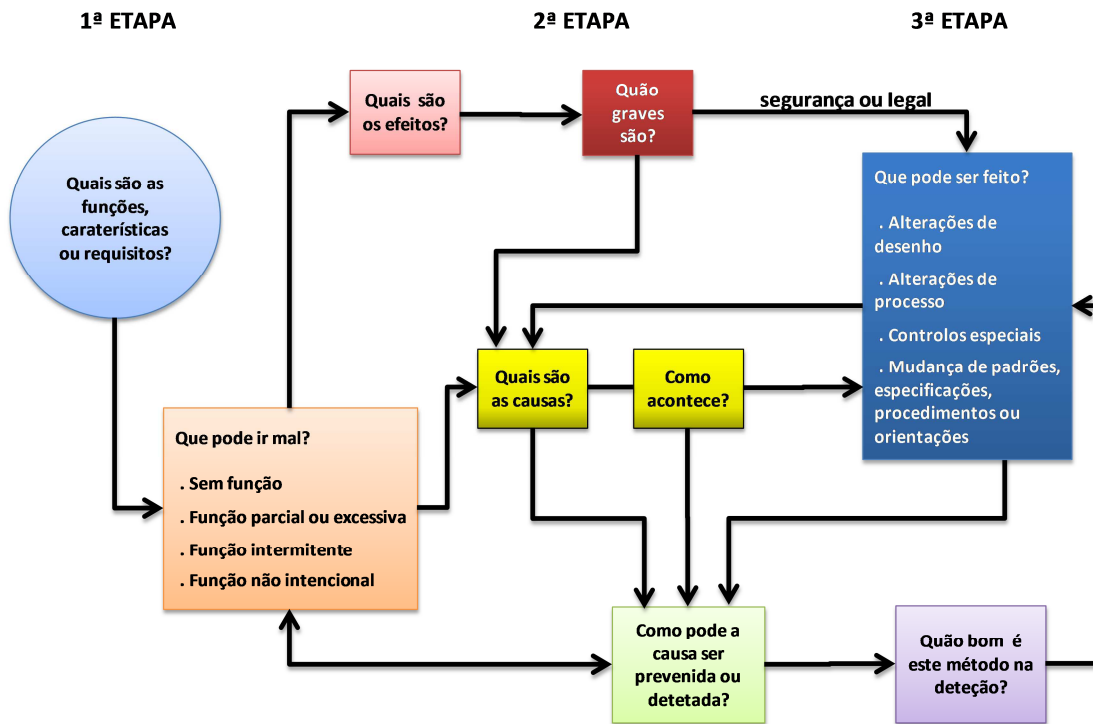
## 2.6. Desenvolvimento do FMEA

O desenvolvimento do FMEA faz-se em três grandes fases, identificar, analisar e agir, associando-se a cada uma questões chave que se podem observar na figura 01.



**FIGURA 01 – Fases de elaboração do FMEA**

Atendendo às 3 fases atrás enunciadas podemos desenvolver um diagrama funcional com questões e possíveis respostas (figura 02).



**FIGURA 02 – Diagrama funcional do FMEA**

Muitos são os casos em que não há dados suficientes para realizar um FMEA quantitativo (MOREIRA, António, *FMEA for All*, 2012). Assim sendo, o FMEA desenvolve-se de modo qualitativo, tanto quanto possível, recorrendo a dados concretos, apoiando-se em tabelas de índices de severidade, ocorrência e deteção. As tabelas de índices podem variar conforme a organização. No presente trabalho as tabelas foram adaptadas à realidade da empresa e âmbito deste projeto. As referidas tabelas encontram-se nos anexos 7 a 9.

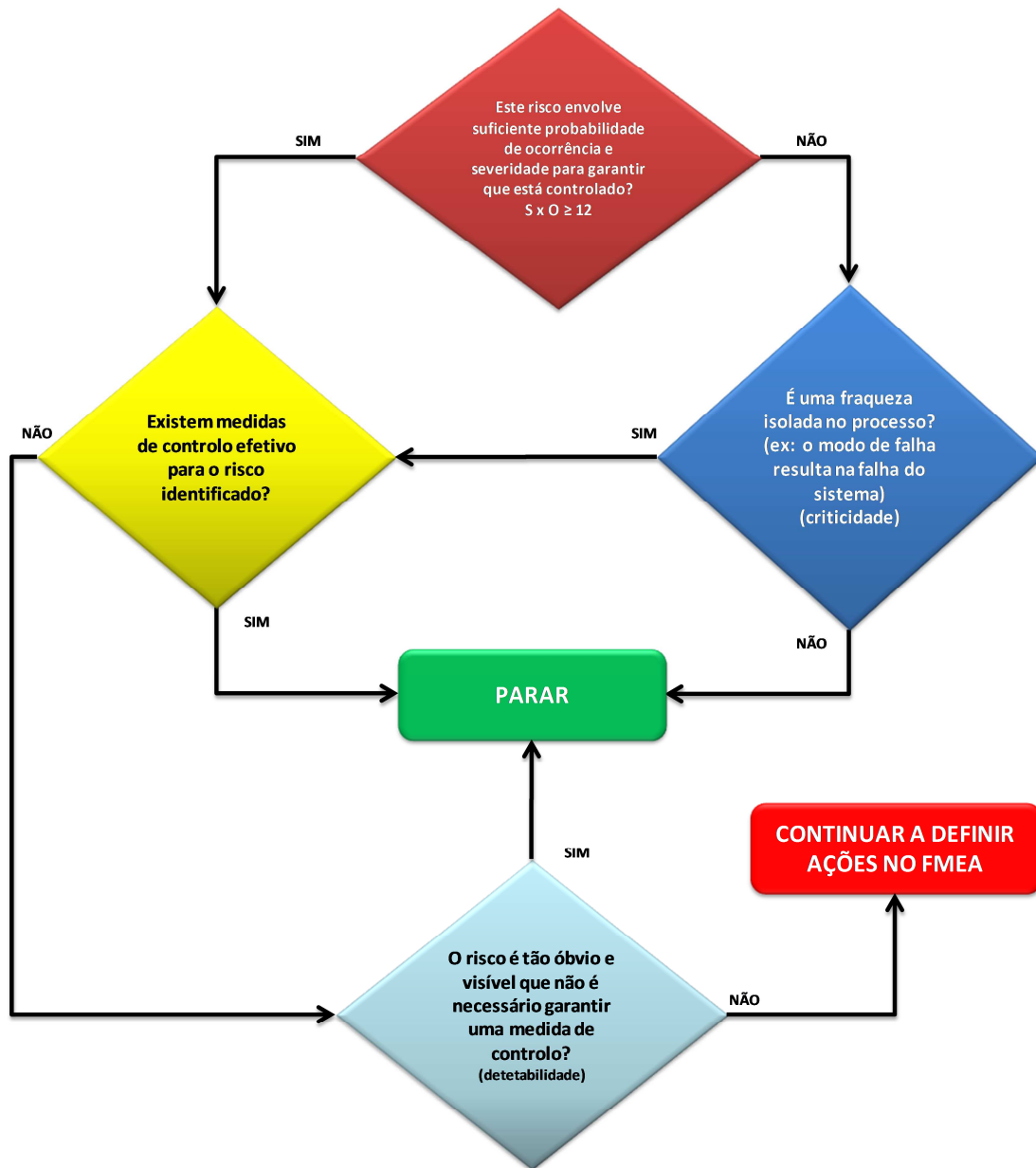
Os vários itens ou funções a analisar são registados de modo estruturado, frequentemente recorrendo a folhas de cálculo, onde podemos obter diretamente os valores de RPN para cada modo de falha (ver tabela 01). Na sua maioria, as folhas de cálculo são formatadas de modo a assinalarem as características críticas ou significativas conforme os valores dos índices de severidade, ocorrência e deteção atribuídos a cada modo de falha (MOREIRA, António, *FMEA for All*, 2012). Esta classificação vai ajudar a equipa a estabelecer prioridades de atuação sobre os modos de falha e respetivas causas, em especial, naquelas que se relacionam com a severidade e ocorrência.

TABELA 01 – Tabela genérica de FMEA [06]

Logotipo da Organização		FMEA - Análise dos Modos de Falha e Efeitos																					
Área Empresa:		Processo:				Responsável:				Revisão N.º:													
Departamento:		Produto:				Equipa:				Data inicial:													
Secção:		Passo processo:				Conjunto de pessoas com competências em distintas áreas da empresa				Data revisão:													
#	Item / Função	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais da Falha	S e v	C l i a s s.	Causas Potenciais da Falha	Situação actual				R. P. N.	Ações Recomendadas	F	Resp. / Dept. e Data	Resultado das ações							
								Controlos Prevenção	O c r	Controlos Detecção	D e t					Ações a Implementar ou Implementadas	S e v	O c r	D e t	R. P. N.	Eficiência	Eficácia	
1	Item no D-FMEA ou Função no P-FMEA. Tem relação com a composição do item ou atividades do processo	No D-FMEA, o que o material tem de cumprir	Falha do material ou da função a que este se destina	Quais as consequências da falha no material ou este não cumprir a função	4	(a)	Várias causas que podem originar a falha, independente de provocarem outros efeitos	Que temos implementado para prevenir a falha	5	Controlos já implementados que permitam detectar a falha e evitá-la.	5	100	Ações a desenvolver sobre a severidade de (em geral na modificação de produtos)	1		Ações a estabelecer ou estabelecidas e comprovadas na revisão do FMEA que permitam obter RPN mais baixos	2	5	5	50	50	50%	
2		No P-FMEA, a função, característica, especificação que tem de estar assegurada	Negação da função ou característica	O que pode acontecer no caso da função ou característica não estar assegurada	8	SC	Falha humana, equipamento, ambiente, método, material, medição e software.	Alarmes, checklist, controlos automáticos ou por atributos	6	Visual, automático, prevenção do erro (jidoka) ou impossibilidade de ocorrer o erro (poka-yoka)	7	336	Ações a desenvolver sobre a ocorrência ou deteção para evitar a falha.	6			8	4	6	192	24	43%	
3			Desvios à especificação	O que provocam os desvios à especificação	10	CC	Avaliar por ferramentas da qualidade (pareto, brainstorming, Ishikawa, 5WHY,...)		7		6	420	Ação que diminuiu a ocorrência e avisa que a falha vai ocorrer	5		Ainda que a característica crítica permaneça pode ser sem aviso (10) ou com aviso (9)	9	1	1	9	82	98%	
4	Controlo	Realização	<< Operações de controlo, em geral, não são entradas do FMEA >>													0						0	

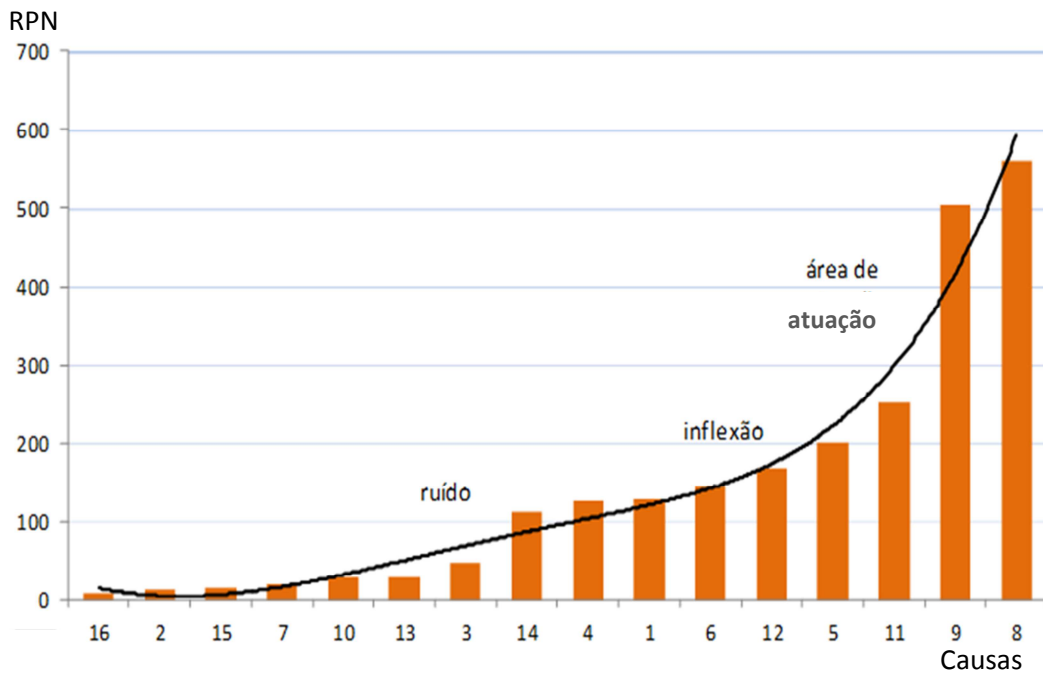


No FMEA há tendência para que as ações sejam definidas apenas para as grandes severidades e ocorrências. No entanto, muitas falhas podem ocorrer que se traduzem em custos e insatisfação. No seguinte diagrama temos algumas questões que nos podem auxiliar a decidir se as ações que definimos são adequadas para manter o risco sobre controlo, sabendo quando parar na definição de ações de melhoria.



**FIGURA 03 – Diagrama do processo de decisão [10]**

Uma vez elaborada a tabela de FMEA e atribuídos os índices de severidade, ocorrência e detecção, prossegue-se com a análise de criticidade. Esta análise inicia-se pela construção do gráfico de RPN *versus* Causas (ver figura 04).



**FIGURA 04 – Gráfico de RPN para cada causa do FMEA**

Neste gráfico identificam-se as zonas de atuação [38] e para estas estabelecem-se ações. A cada ação definida é atribuído um índice de exequibilidade (ver anexo 10) que nos permitirá selecionar a melhor opção com base em critérios de eficiência e eficácia [38].

Finalmente, podemos ter uma ideia da evolução do risco pelo cálculo do risco total do sistema TRE (*Total Risk Estimate*), para o estado inicial e final, se implementarmos as ações definidas.

O FMEA deve ser revisto periodicamente. Os índices devem ser reavaliados de modo a adequá-los às falhas ocorridas ou após mudanças, seja no produto, no processo ou sistema, de modo a garantir a sua utilidade como ferramenta nos ciclos de melhoria contínua PDCA.

## **Capítulo 3 – Metodologia**

### **3.1. A equipa**

Para o desenvolvimento deste trabalho houve a colaboração, através de reuniões, do responsável do departamento de IDi e do gestor de projetos. Os operadores foram esporadicamente consultados. Não participaram diretamente pela pouca disponibilidade e falta de formação em FMEA. O seu envolvimento, se bem que desejável, não se traduzia numa mais-valia significativa.

### **3.2. Informação recolhida**

A informação base para a elaboração deste trabalho foi o procedimento de IDi de realização de ensaios manuais de espuma poliéter e poliéster. (ver anexos 11 e 12). Este é o procedimento em vigor e instituído para a realização de ensaios iniciais de produto no âmbito do Processo de IDI de desenvolvimento de produtos.

Observou-se o modo operatório para avaliação de possíveis diferenças entre o definido e a prática. Avaliaram-se possíveis constrangimentos e dificuldades.

### **3.3. Modo operatório**

O FMEA é muitas das vezes desenvolvido sobre folhas de cálculo. Estas folhas estão previamente preparadas, com algumas formulações nas células e formatações condicionais, que obedecem a critérios definidos segundo o tipo de FMEA. A preparação da folha de cálculo que serviu para o registo do FMEA teve em atenção os critérios relativos ao P-FMEA, que estão explicitados no final da tabela do P-FMEA (anexo 02).

O FMEA iniciou-se pela preparação do *fluxograma de processo*, onde se separaram as várias etapas do procedimento operatório em atividades unitárias (anexos 11 e 12), identificando quais as que correspondiam a operações, a transporte, a controlo e a armazenagem (anexo 01). Para cada uma das atividades identificaram-se as características dos materiais ou equipamentos utilizados, e as características implícitas nas várias atividades do processo, condições ou procedimentos. Identificaram-se, ainda, os métodos de verificação relevantes para o desempenho das atividades, as ferramentas ou instrumentos de medição e ensaio, e os procedimentos ou especificações aplicáveis. Este processo, ainda que não essencial, permite ter a informação estruturada para entrada no FMEA, o que simplifica a definição dos requisitos e modos de falha associados.

A tabela que serviu de suporte ao FMEA propriamente dito (anexo 02), foi preenchida com as atividades definidas no fluxograma, como entradas na coluna Item/Função. Para cada uma das atividades constantes no anexo 01 foram identificados os requisitos a cumprir e registados na correspondente coluna da tabela de FMEA. Por exemplo, a recolha de reagentes implica que haja recipientes tapados, com a capacidade adequada e correta identificação, ou, a preparação da estufa requer a regulação da mesma a uma determinada temperatura.

As ferramentas adequadas e muito habituais para a identificação de modos de falha são o *brainstorming* e gráficos de Pareto de histórico de falhas. Quer na avaliação de efeitos quer de causas o recurso a peritos ou operadores especializados que operem e estejam familiarizados com os sistemas constituiu uma mais-valia. No presente projeto, para esta etapa subsequente à definição dos requisitos, foi usada a técnica de *brainstorming* e o recurso à experiência da equipa. Para cada requisito ou função foram identificados os modos de falha que podem ser a simples negação do requisito ou função, os parâmetros estabelecidos pelos requisitos estarem fora de limites, a função ou requisito não se cumprir ou cumprir-se de modo intermitente. Por exemplo, para um determinado intervalo de temperatura os modos de falha associados podem ser estar fora dos limites definidos, ou para o caso dum recipiente que tem de estar tapado este encontrar-se destapado. Na fase de identificação dos modos de falha o preenchimento da tabela faz-se por linhas e não por colunas, ou seja, uma vez identificados os modos de falha para uma determinada função ou requisito dá-se seguimento à avaliação dos efeitos potenciais que a falha pode ocasionar, a identificação de causas e controlos de prevenção e deteção existentes e em funcionamento.

No presente FMEA, foram inseridos modos de falha relativos ao processo e equipamento de modo a torná-lo mais abrangente e conforme aos objetivos a atingir.

O exercício de identificação de modos de falha foi uma das etapas mais importantes pois a não deteção de um modo de falha poderá comprometer a utilidade do FMEA. Ainda assim, poderão existir modos de falha não detetados. Por isso, nas revisões periódicas do FMEA há que avaliar as falhas ocorridas no período entre a sua elaboração e a data de revisão para que novos modos de falha não detetados sejam registados. Na revisão do FMEA há que avaliar a severidade das falhas, a probabilidade de ocorrência e se os meios de deteção foram eficazes de modo a avaliar a adequação dos índices de severidade, ocorrência e deteção inicialmente atribuídos.

Uma vez preenchida a tabela com os requisitos, modos de falha, efeitos, causas e controlos de prevenção e deteção estabelecidos atribuíram-se os índices de severidade, ocorrência e deteção. Devido à dificuldade de aplicação direta das tabelas padrão de FMEA, houve a adaptação das mesmas ao contexto em causa, estabelecendo-se critérios específicos, de modo a facilitar a atribuição dos índices (ver anexo 07 a 09). Os índices foram atribuídos a cada modo de falha de modo qualitativo por falta de dados de suporte, atendendo a que a falha ocorre de modo isolado, i.e. independente das demais, sem interdependência.

Com o preenchimento dos índices a folha de cálculo do FMEA apresentou as características críticas (CC) e significativas (SC), realçando a fundo rosa todos os valores de RPN (produto dos índices de severidade, ocorrência e deteção) com valor igual ou superior a 100. Estes critérios estão definidos ao final da tabela de FMEA (anexo 02).

Para os modos de falha com RPN igual ou superior a 100 (ver cap.4, figura 05) a equipa discutiu ações de melhoria de modo a diminuir a probabilidade de ocorrência ou aumentar a de deteção, recorrendo a técnicas simples, tais como os *5WHY* e *Brainstorming*, além da experiência transmitida pelos operadores. Não foram criados registos específicos por, neste caso, não aportarem base para futura consulta e aplicação. Nenhum dos modos de falha com RPN abaixo de 100 foi objeto de atenção e definição de ações de melhoria. De salientar que num FMEA de processo é muito raro que qualquer ação possa diminuir a severidade da falha. Para que tal ocorra poderá ser necessária reengenharia do processo e confinamento dos efeitos associados ao modo de falha. Deste exercício surgiram propostas de ações que foram registadas nas tabelas do FMEA na coluna de ações recomendadas.

Uma vez estabelecidas as ações recomendadas avaliou-se a exequibilidade das mesmas, registando-se na tabela de FMEA o valor do índice de exequibilidade F, atendendo aos critérios definidos na tabela constante do anexo 10.

Uma vez registadas as ações recomendadas, os índices de severidade, ocorrência e deteção foram reavaliados e registados na parte direita da tabela de FMEA relativa a resultados das ações, atendendo ao pressuposto de que as ações seriam implementadas e eficazes. Com todos os campos de índices preenchidos na folha de cálculo aparece o valor relativo ao cálculo dos índices de eficácia e eficiência das ações propostas. Aos maiores valores de eficiência correspondem as ações prioritárias uma vez indicam que

se maximiza o decréscimo do risco (RPN) para menor esforço da organização ( $Eficiência = \frac{RPN_i - RPN_f}{F}$ ). A eficácia da ação de melhoria traduz o ganho percentual da diminuição do RPN ( $Eficácia = \frac{RPN_i - RPN_f}{RPN_i} \times 100$ ). É consensual que para as ações terem impacto significativo na redução do risco, a eficácia deve ser igual ou superior a 30% (p. ex. passar de índice médio de 5,5 para 4,8). No presente trabalho, os valores de eficácia menores de 30% aparecem na tabela com fundo amarelo, ficando a fundo verde as restantes. Apesar de no presente FMEA algumas ações terem eficácia inferior a 30% decidiu-se avançar com a implementação das mesmas e reavaliar a situação numa próxima revisão.

A tabela de FMEA dispõe de colunas de entrada para o responsável por cada ação, prazo e validação de implementação. Por comodidade de seguimento desdobrou-se esta informação num plano de ações semanal (ver anexo 04). Neste plano as ações recomendadas são as entradas das linhas marcando-se a fundo azul a data prevista para o início e a fundo laranja o término das mesmas, recorrendo à formatação condicional do Excel para as letras x e y nas respetivas células.

O trabalho de FMEA propriamente dito termina nesta fase. Como o FMEA deve ser integrado de modo dinâmico nos sistemas de qualidade das organizações, e não um exercício documentado isoladamente, foi possível avançar no sistema de qualidade do departamento de investigação, desenvolvimento e inovação da Flexipol. Assim, algumas funções do FMEA, assinaladas a fundo amarelo na coluna # que contém as entradas de linha (ver anexo 02), foram tomadas como entradas para o plano de controlo do laboratório. O critério para a seleção das atividades de controlo esteve relacionado com o impacto que as atividades ou equipamentos podem ter no produto e resultados do laboratório. A título de exemplo, na atividade de seleção de varetas de agitação (# 20 da tabela de FMEA), identificaram-se os modos de falha de vareta de agitação danificada ou desequilibrada, com efeitos de espuma não conforme e repetição de ensaios. Como ação recomendada propôs-se a verificação periódica do estado da vareta de agitação, com base numa instrução de inspeção, limpeza e lubrificação (ILL). Com esta recomendação fica claro que é necessário definir um controlo referente à vareta de agitação. Assim, o item #20 do FMEA é registado no plano de controlo como uma entrada na coluna de descrição processo / operação. Seguindo a linha da tabela do plano

de controlo identifica-se que o controlo diz respeito ao processo de verificações e a especificação é a vareta apresentar base plana e perpendicular ao eixo, sem danos. Este controlo é realizado segundo o modo operativo e apetrechos a definir na ILL específica, a desempenhar por um operador com a periodicidade mensal, realizando os registos que forem definidos e reportando à chefia uma eventual não conformidade.

O Plano de Controlo não tem apenas entradas provenientes do FMEA. Neste caso foram tidas em conta condições ambientais e de segurança inerentes às próprias atividades que se desempenham no laboratório, tais como qualidade do ar, exposição a agentes químicos, ruído, iluminação e equipamento de combate a incêndios, neste último caso que não estejam incluídos no plano global de inspeção e manutenção de equipamento de combate a incêndios.

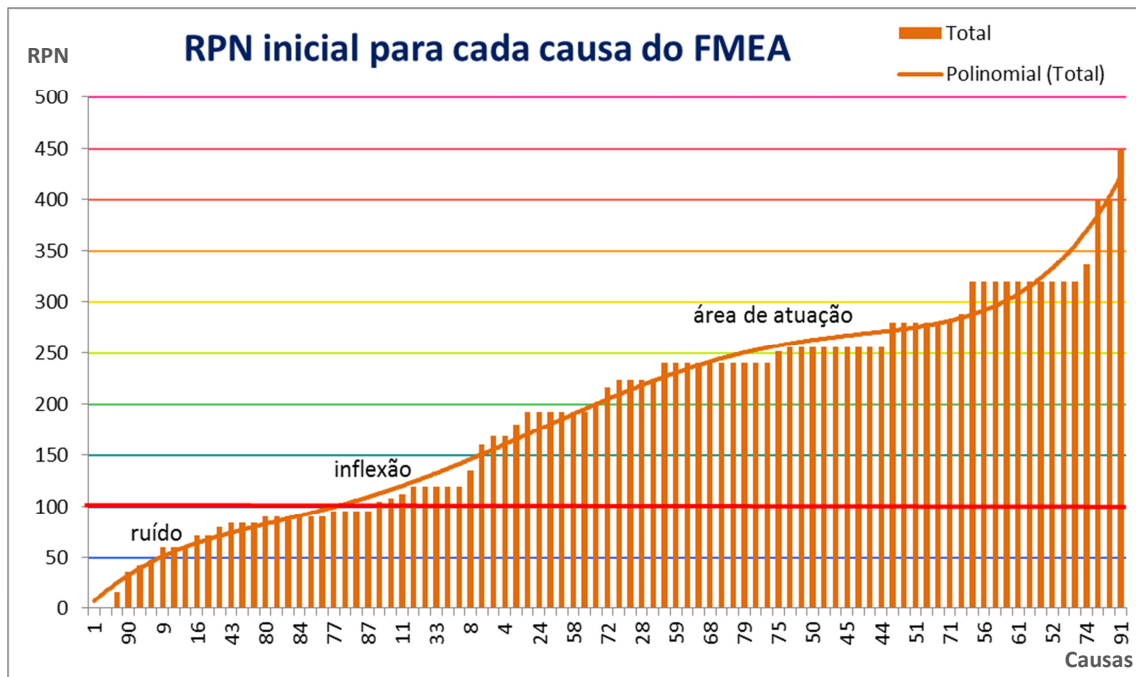
Uma vez definido o FMEA e Plano de controlo, estabeleceu-se uma lista de verificações, habitualmente designada como *check-list* de confirmação de processo (anexo 05). A título de exemplo, nesta lista incluem-se questões tais como, o laboratório encontra-se nas condições padrão de funcionamento (luz, temperatura, ventilação), o operador conhece os seus padrões de trabalho, instruções e está formado, a sequência de trabalho observada está de acordo com o definido, ou, os reagentes estão dentro do prazo de validade. Nas confirmações de processo, por vezes, surgem oportunidades de melhoria que devem ser registadas e avaliadas (ver anexo 05). Decorrente de confirmações de processo surgem desvios e oportunidades de melhoria havendo que realizar o seu registo e seguimento. Para tanto, preparou-se uma tabela (ver anexo 06) onde se regista o responsável pela auditoria de confirmação do processo, a data em que a confirmação foi realizada e alguma anotação pertinente. Nesta mesma tabela registam-se os desvios ou problemas, as ações de contenção e corretivas, as ações preventivas a estabelecer, indicando o estado das mesmas através de ícones de estado, definidos no rodapé da tabela.

## Capítulo 4 – Análise de resultados

Os valores de RPN (*Risk Priority Number*) obtidos mostram que o processo de realização de ensaios laboratoriais de espuma tem uma elevada probabilidade de falha.

Observando os resultados de modo gráfico, RPN vs. Causas, podemos ter uma ideia genérica do estado do sistema.

Na situação inicial do FMEA temos a representação da figura 05.

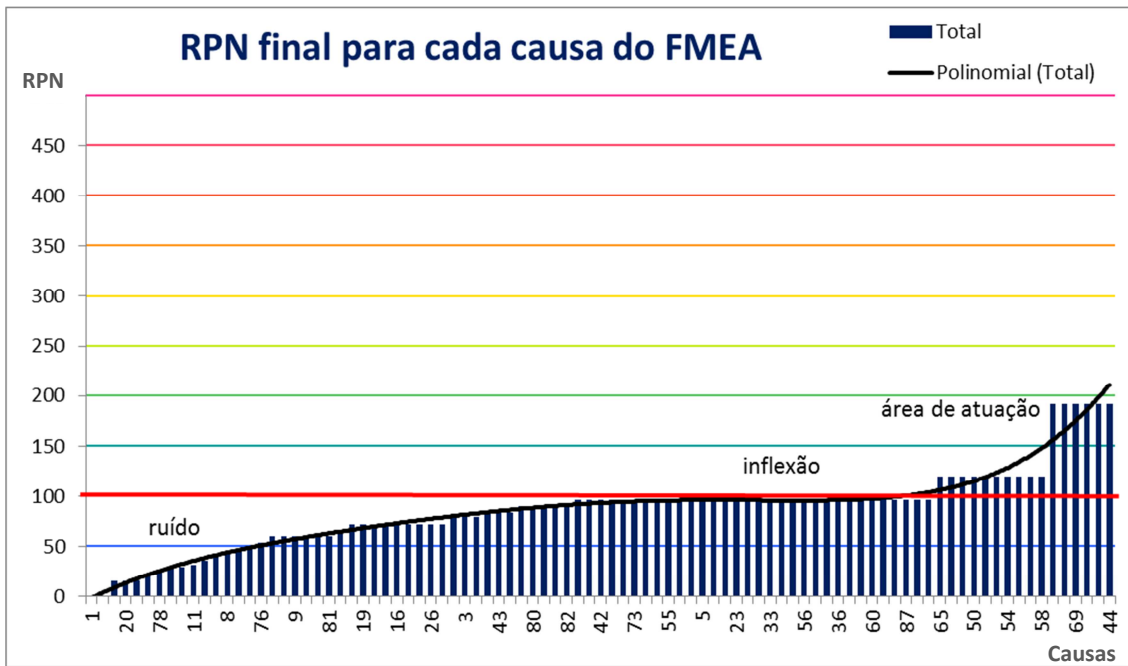


**FIGURA 05 – Representação gráfica dos valores iniciais de RPN vs. Causas**

Neste gráfico observa-se que a maioria dos modos de falha tem valor de RPN quase o dobro do limite estabelecido de 100, com RPN médio de 196. Não é uma situação confortável e deve ser melhorada.

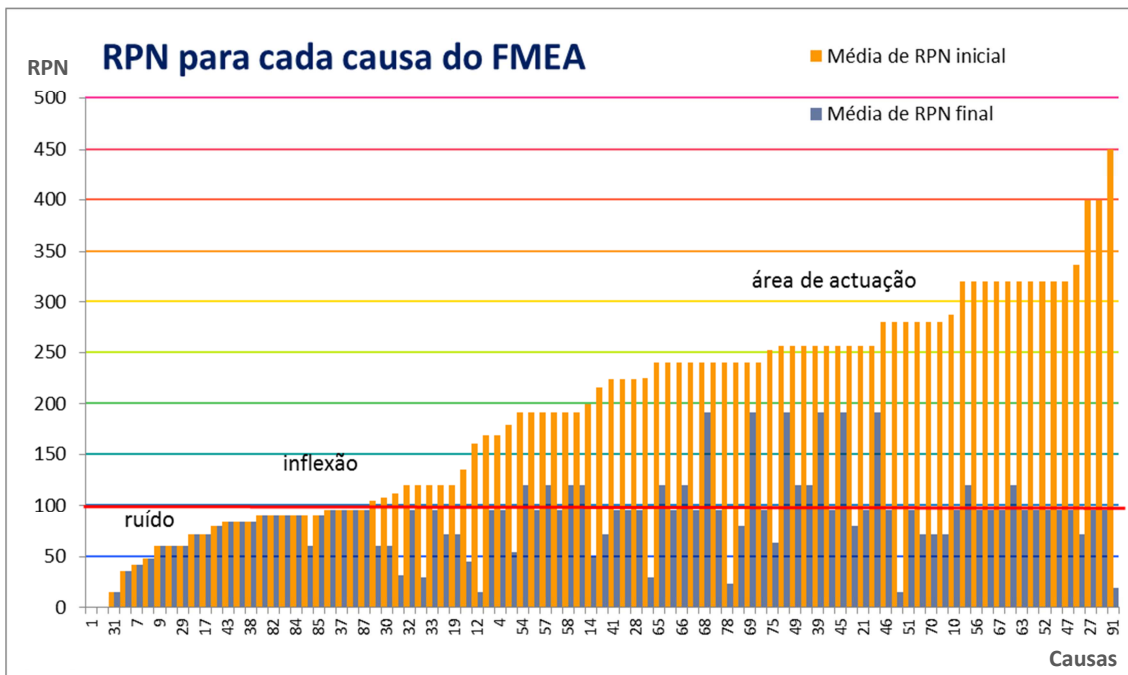
Com a implementação das ações de melhoria propostas no FMEA o sistema apresenta uma representação gráfica bastante diferente e substancialmente melhorada, com RPN médio de 88, abaixo do limite estabelecido de 100 (figura 06).





**FIGURA 06 – Representação gráfica dos valores finais expetáveis de RPN vs. Causas**

A representação gráfica do RPN inicial e final (figura 07) proporciona uma visão da evolução do sistema, com a implementação das ações de melhoria e respetivo decréscimo de RPN.



**FIGURA 07 – Representação gráfica dos valores iniciais e expetáveis de RPN**

Algumas das ações definidas não são capazes de diminuir os valores de RPN abaixo de 100. Ainda assim foram aceites como válidas, quer porque eram as únicas ações que surgiam ou porque outras alternativas revelavam-se muito complicadas no estado em que a organização se encontra ou tornavam o processo inoperacional. Numa posterior revisão do FMEA estes modos de falha deverão ser objeto de análise.

O TRE inicial (*Total Risk Estimate*) cifrou-se em 20% (ver final da tabela de FMEA, anexo 02), indicando que há a probabilidade de ter uma incidência em cada cinco ensaios. Obviamente a probabilidade de falha da componente laboratorial de um projeto de desenvolvimento do produto é bastante inferior uma vez que há repetição de ensaios, exclusão de resultados díspares, avaliação geral por tendências e análise de experiências.

Estima-se o risco previsto, TRE final, em 9% se estabelecidas as ações definidas no FMEA, aumentando a confiabilidade para o dobro face à situação inicial, entrando na zona em que se considera o risco como aceitável (TRE abaixo de 17% que corresponde à média de 5,5 para cada um dos índices de severidade, ocorrência e deteção).

Está genericamente aceite que, para as ações terem impacto significativo na redução do risco, a eficácia ( $Eficácia = \frac{RPN_i - RPN_f}{RPN_i} \times 100$ ) deve estar na ordem dos 30% ou mais. Na folha de cálculo temos realçado a verde as ações que apresentam valores superiores a 30% e a amarelo as restantes. Das 67 ações definidas, 59 apresentam eficácia igual ou superior a 30%, sendo a eficácia global das ações definidas no FMEA de 43% se atendermos a que o não estabelecimento de ações conta como 0%. A média da eficácia das ações definidas é de 58%.

Para sistemas complexos e consequentemente FMEA's extensos é desejável que as ações de melhoria sejam hierarquizadas de acordo com o critério prioritário de segurança de pessoas e bens e, depois, pelo compromisso entre o ganho e exequibilidade das ações de melhoria.

Neste trabalho não foi tido em conta o custo efetivo das ações de melhoria nem o retorno esperado dado o baixo montante financeiro envolvido, com exceção das propostas de aquisição de equipamentos que passarão a integrar o plano de investimentos anual.

Os modos de falha assinalados com CC foram comunicados aos vários níveis da empresa e definidas ações, uma vez que implicam risco de segurança para pessoas e equipamentos.

O FMEA permitiu desenvolver o plano de controlo do laboratório e atividades de confirmação e melhoria de processo, com tabelas de verificação e seguimento de ações e desvios. Deste modo obtemos um sistema integrado de controlo e fiabilização de resultados.

Nos anexos encontram-se as tabelas que serviram para o desenvolvimento deste trabalho e o suportam. Temos o fluxograma de processo decorrente das instruções de trabalho (anexos 11 e 12), FMEA e plano de ações decorrente, plano de controlo e listas de confirmação de processo.

## **Capítulo 5 – Conclusão**

O desenvolvimento do FMEA no processo de realização de ensaios laboratoriais permitiu tomar consciência de fragilidades que até ao momento não eram tidas em conta.

Este exercício permitiu aumentar o nível de desempenho do laboratório e fiabilização dos resultados. Deste modo há menor probabilidade de obter resultados erróneos que podem levar a descartar algumas vias de investigação válidas.

Os processos de FMEA são, regra geral, complexos e necessitam de ajustes nos procedimentos e adaptação dos colaboradores, consumindo recursos, pelo que se calendarizaram as ações de melhoria definidas (ver plano de ações, anexo 04) de modo a permitir mudanças graduais e sustentadas. A revisão dos modos de falha com RPN acima de 100, bem como outros que estando abaixo de 100 são passíveis de melhoria apenas deve ocorrer após implementação das ações de melhoria definidas, esperando pelo menos o período de um ano.

O FMEA permitiu definir de modo sistemático o plano de controlo do laboratório (ver anexo 03), estabelecer atividades de controlo de processo, seguimento de desvios e ações de melhoria (ver anexos 05 e 06)

Com este trabalho está aberta a possibilidade de estender o FMEA, plano de controlo e confirmações de processo a outras fases do processo de IDi, contribuindo de modo positivo para a atual certificação segundo o referencial NP4457.

Em resumo, foi possível através deste projeto demonstrar com sucesso e ganhos a aplicação desta metodologia a laboratórios de investigação, diminuindo a probabilidade de falha e aumentando a confiabilidade dos resultados, reforçando os sistemas da qualidade. Obviamente, a diminuição do risco de falha permitiu aumentar da produtividade do laboratório, se bem que, pela diversidade de trabalhos, não tenha sido quantificada.

## Referências

- [01] CAPALDO, Daniel; GUERRERO, Vander; ROZENFELD, Henrique; FMEA (Failure Model and Effect Analysis) (2006). [Consult. 05-06-2011]. Disponível na internet: <<http://www.ogerente.com.br/qual/dt/qualidade-dt-FMEA.htm>>
- [02] NASA, National Aeronautics and Space Administration – Apollo Program, Procedure for Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis (FMECA) (1966). [Consult. 05-06-2011]. Disponível na internet: <[http://www.fmeainfocentre.com/handbooks/19700076494\\_1970076494.pdf](http://www.fmeainfocentre.com/handbooks/19700076494_1970076494.pdf)>
- [03] BLUVBAND, Zigmund, Expanded FMEA (EFMEA). ALD Ltd (2004). [Consult. 05-06-2011]. Disponível na internet: <[http://www.aldservice.com/images/stories/expanded\\_fmea\\_efmea.pdf](http://www.aldservice.com/images/stories/expanded_fmea_efmea.pdf)>
- [04] BLUVBAND, Zigmund – Failure Analysis of FMEA. ALD Ltd. (2009). [Consult. 05-06-2011]. Disponível na internet: <[http://www.aldservice.com/images/stories/articles\\_pdf/failure\\_analysis\\_of\\_fmea.pdf](http://www.aldservice.com/images/stories/articles_pdf/failure_analysis_of_fmea.pdf)>
- [05] KMENTA, S. – Scenario-based FMEA Using Expected Cost. (2002). [Consult. 05-06-2011]. Disponível na internet: <<http://www.fmeainfocentre.com/presentations/SFMEA-IIE.pdf>>
- [06] TOLEDO, José Carlos; AMARAL, Daniel Capaldo – FMEA - Análise do Tipo e Efeito de Falha. GEPEQ - Grupo de Estudo e Pesquisa em Qualidade (2006). [Consult. 05-06-2011]. Disponível na internet: <[http://www.gepeq.dep.ufscar.br/publicacoes\\_det.php?idp=99](http://www.gepeq.dep.ufscar.br/publicacoes_det.php?idp=99)> e <<http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>>
- [07] CROW, Kenneth – Failure Modes and Effects Analysis (FMEA). DRM Associates (2002). [Consult. 05-06-2011]. Disponível na internet: <<http://www.npd-solutions.com/fmea.html>>
- [08] QUALITY-ONE – FMEA (Failure Mode and Effects Analysis). Quality-One International. [Consult. 05-06-2011]. Disponível na internet: <<http://www.quality-one.com/fmea/#what-is>>

- [09] A.L.D. – What's new in RAM Commander version 8.1. Advanced Logistics Developments (2010). [Consult. 05-06-2011]. Disponível na internet: <<http://www.aldservice.com/en/news/ram-commander-version-8.1.html>>
- [10] DEROSIER, Joe – The Basics of Healthcare Failure Mode and Effect Analysis, VA National Center For Patient Safety (2001). [Consult. 05-06-2011]. Disponível na internet: <<http://www.patientsafety.va.gov/SafetyTopics/HFMEA/HFMEAIntro.pdf>>
- [11] KROUWER, Jan – Risk Management Techniques to Identify and Control Laboratory Error Sources. Approved Guideline – Second Edition. Volume 29, Number 26, EP18-A2 (2009). ISBN 1-56238-712-X, ISSN 0273-3099
- [12] Cayman Business Systems – Potential Failure Mode and Effects Analysis, Rev Q, 2004-02-09. [Consult. 05-06-2011]. Disponível na internet: <<http://elsmar.com/FMEA/sld001.htm>>
- [13] Universidade de Coimbra – Gestão da Qualidade no Projecto. Gestão da Qualidade (GestQual), 05 – AMFE (2009). [Consult. 30-11-2011]. Disponível na internet: <<https://woc.uc.pt/dem/class/getmaterial.do?idclass=334&idyear=5>>
- [14] WOODHOUSE, Sherry – Engineering for Safety: Use of Failure Mode and Effects Analysis in the Laboratory. Labmedicine Volume 36 Number 1, (2005, January) [Consult. 30-11-2011]. Disponível na internet: <<http://www.ascls-sd.org/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/engineeringsafetyfmea.pdf>>
- [15] MACHADO, Ricardo Luiz; MELO, Gilbia de Castro – Utilização do FMEA na melhoria de processos de fabricação da indústria farmacêutica. Labmedicine Volume 36 Number 1, (2007). [Consult. 30-12-2011]. Disponível na internet: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007\\_TR570434\\_0123.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR570434_0123.pdf)>
- [16] ZAMBOM, Rafael Appoloni; BARCA, Luiz Fernando; SOUZA, Marco Aurélio – Projeto do laboratório de análises físico-químicas de petróleo da Unifei levando em consideração as boas práticas laboratoriais. Revista P&D em Engenharia de Produção n.º 08 (2008) p. 01-12, [Consult. 30-12-2011]. Disponível na internet: <[http://www.revista-ped.unifei.edu.br/documentos/V06N02/n08\\_art01.pdf](http://www.revista-ped.unifei.edu.br/documentos/V06N02/n08_art01.pdf)>

- [17] University of Wollongong, School of Chemistry - OHS Risk Management Guidelines (2012). [Consult. 28-10-2012]. Disponível na internet: <<http://staff.uow.edu.au/content/groups/public/@web/@ohs/documents/doc/uow016948.pdf>>
- [18] PEREIRA, Zulema Lopes – Qualidade e Inovação. Universidade Nova de Lisboa, FCT Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial (2004). [Consult. 30-12-2011]. Disponível na internet: <[http://qi.idit.up.pt/uploads/qi\\_projdocs9.pdf](http://qi.idit.up.pt/uploads/qi_projdocs9.pdf)> e <<http://max.uma.pt/~a2058407/>>
- [19] Quality Associates International – Intelligent Use of FMEA. FMEA Info Centre. [Consult. 30-12-2011]. Disponível na internet: <[http://www.fmeainfocentre.com/presentations/qualityoneAMC\\_Conference\\_FMEA.pps](http://www.fmeainfocentre.com/presentations/qualityoneAMC_Conference_FMEA.pps)>
- [20] HATA, Tomoyuki; KOBAYASHI, Noritomo; KIMURA, Fumihiko; SUZUKI, Hiromasa – Representation of Functional Relations among Parts and Its Application to Product Failure Reasoning. Japan, The University of Tokyo, CIRP International Seminar on Design, Haifa, Israel, Department of Precision Machinery Engineering, May 16-18 (2000). [Consult. 05-06-2011]. Disponível na internet: <<http://www.fmeainfocentre.com/papers/CirpDnPresen2000May.pdf>>
- [21] BRABAND, Jens – A Remedy for a Serious Flaw in the Risk Priority Number Concept. Bielefeld University - Faculty of Technology. Third Workshop, Bielefeld, 12-13 February (2004). [Consult. 03-06-2012]. Disponível na internet: <<http://www.rvs.uni-bielefeld.de/Bieleschweig/third/Braband-B3-2004.pdf>>
- [22] LATINO, Robert J. – Optimizing FMEA and RCA efforts in health care, ASHRM Journal 2004, Vol. 24, N.º3, p. 21-28 (2004). [Consult. 03-06-2012]. Disponível na internet: <[http://www.fmeainfocentre.com/papers/ashrm\\_paper\\_vol24no3.pdf](http://www.fmeainfocentre.com/papers/ashrm_paper_vol24no3.pdf)>
- [23] PARENDO, Perry K. – Connecting FMEA and DOE; Perry's Solutions, LLC, April, 17<sup>th</sup> (2007) [Consult. 03-06-2012]. Disponível na internet: <[http://www.fmeainfocentre.com/presentations/Connecting\\_FMEA\\_and\\_DOE.pdf](http://www.fmeainfocentre.com/presentations/Connecting_FMEA_and_DOE.pdf)>

- [24] ESCHERMANN, B. – Safety analysis and standards. Switzerland, Baden, ABB Research Center (2004). [Consult. 03-06-2012]. Disponível na internet: <<http://www.docstoc.com/docs/133158637/Industrial-Automation---FMEA-Info-Centre>>
- [25] NASA Lewis Research Center – Tools of Reliability Analysis - Introduction and FMEAs, Aug, 21<sup>th</sup> (1996). [Consult. 03-06-2012]. Disponível na internet: <<http://download.analysis3.com/TOOLS-OF-RELIABILITY-ANALYSIS---Introduction-and-FMEAs-download-w857.pdf>> e <[http://www.fmea-fmea.com/NASA\\_FMEA\\_Presentation.pdf](http://www.fmea-fmea.com/NASA_FMEA_Presentation.pdf)>
- [26] CHAO, Larry – Manufacturing Modeling Laboratory, Error-Proofing of the Product Development Process. MML/Stanford University Seminar Series at ICAP, Oct. 10<sup>th</sup> (2001). [Consult. 03-06-2012]. Disponível na internet: <<http://www.fmeainfocentre.com/presentations/larry-epfl.pdf>>
- [27] Philips FMEA Failure Mode and Effect Analysis. [Consult. 03-06-2012]. Disponível na internet: <<http://pt.scribd.com/doc/47767368/Philips-FMEA-English>> e <<http://www.docstoc.com/docs/106512206/Philips-FMEA>>
- [28] GREENFIELD, Michael A. – Risk Management Tools, Nasa, Langley Research Center, May 2<sup>th</sup> (2000). [Consult. 03-06-2012]. Disponível na internet: <<http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/risk/docs/rmt.pdf>>
- [29] USA Department of Defense – Procedures for performing a Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis, MIL-STD-1629A, Washington, DC, November 24<sup>th</sup> (1980). [Consult. 03-06-2012]. Disponível na internet: <[http://www.barringer1.com/mil\\_files/MIL-STD-1629RevA.pdf](http://www.barringer1.com/mil_files/MIL-STD-1629RevA.pdf)> e <<http://www.fmea-fmea.com/milstd1629.pdf>>
- [30] FMEA Info Centre, Criticality – Mil-Std-1629 Approach. [Consult. 03-06-2012]. Disponível na internet: <<http://www.fmea-fmea.com/criticality-analysis-milstd1629-approach.ppt>> e <[http://www.powershow.com/view1/b7e0b-Yzk2Z/Criticality\\_MilStd1629\\_Approach\\_powerpoint\\_ppt\\_presentation](http://www.powershow.com/view1/b7e0b-Yzk2Z/Criticality_MilStd1629_Approach_powerpoint_ppt_presentation)> e <<http://ebookbrowse.com/criticality-analysis-milstd1629-approach-ppt-d1077729>> e <<http://pt.scribd.com/doc/52608451/criticality-analysis-milstd1629-approach>>



[31] MAVERICK-FOLGER, Edith – Identifying Critical Requirements Using FMEA. International Conference on Software Testing, Analysis & Review. USA, CA, San Jose. Nov 1-5 (1999). [Consult. 03-06-2012]. Disponível na internet:

<<http://www.fmeainfocentre.com/presentations/1714386.pdf>>

[32] FMEA Info Centre - APQP Design Process Risk Analysis, [Consult. 03-06-2012]. Disponível na internet:

<[http://www.fmeainfocentre.com/guides/APQP\\_DesignProcessRiskAnalysis.pdf](http://www.fmeainfocentre.com/guides/APQP_DesignProcessRiskAnalysis.pdf)>

[33] USA Department of the Army, Headquarters – Failure Modes, Effects and Criticality Analyses (FMECA) for Command, Control, Communications, Computer, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (C4ISR) Facilities. TM 5-698-4, Sep. 29<sup>th</sup> (2006). [Consult. 03-06-2012]. Disponível na internet:

<[http://armypubs.army.mil/eng/DR\\_pubs/dr\\_a/pdf/tm5\\_698\\_4.pdf](http://armypubs.army.mil/eng/DR_pubs/dr_a/pdf/tm5_698_4.pdf)>

[34] FMEA Info Centre – Introduction to Failure Mode Effects & Analysis FMEA, [Consult. 03-06-2012]. Disponível na internet:

<<http://www.fmeainfocentre.com/presentations/introductiontofmea60pages.doc>>

[35] RAUSAND, Marvin – Chapter 3 System Analysis Fault Tree Analysis. Norwegian University of Science and Technology, Department of Production and Quality Engineering, Oct. 7<sup>th</sup> (2005). [Consult. 03-06-2012]. Disponível na internet:

<<http://frigg.ivt.ntnu.no/ross/slides/fta.pdf>>

[36] RAUSAND, Marvin – Chapter 3 System Analysis Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis. Norwegian University of Science and Technology, Department of Production and Quality Engineering, Oct. 7<sup>th</sup> (2005). [Consult. 03-06-2012]. Disponível na internet: <<http://frigg.ivt.ntnu.no/ross/slides/fmeca.pdf>>

[37] GERALDO, Célio – Introdução Básica do Controlo Estatístico do Processo. (2008). [Consult. 19-12-2011]. Disponível na internet:


<<http://www.slideshare.net/harbor11/introducao-cep>> e

<<http://pt.scribd.com/doc/39614665/Introducao-ao-CEP>>

[38] MOREIRA, António – FMEA for All (2013). [Consult. 24-06-2013]. Disponível na internet: <<http://www.slideshare.net/amoreira64/fmea-for-all-slideshare>> e <<http://www.slideshare.net/amoreira64/fmea-for-all-pp>>

## Anexos

### ANEXO 01 – Fluxograma de processo

 <b>Fluxograma de Processo</b> Laboratório de IDi		Processo: Investigação e Desenvolvimento Produto: Espumas de laboratório Passo do processo: Realização ensaios manuais espuma		Realizado por: António Moreira Analisado por: Gustavo Marques Data: 2013 / 03 / 16		
Etapa Descrição	Atividade			Caraterísticas		Métodos de controlo
	Processo	Transporte	Controlo	Stock	Materiais	
Descrição de todas as atividades unitárias quer sejam relativas a processo, transporte, controlo ou armazenagem de materiais.						
Plano de ensaios preenchido			◊			IDi006
Recolha de reagentes		→				
Preparação da hotte	○				Hotte ligada	
Preparação do tabuleiro de reagentes	○				Tabuleiro vazio	
Ajustar a temperatura da estufa	○					90°C
Selecionar fôrma	○				Tamanho da fôrma	
Selecionar copo de mistura	○				Tamanho do copo	
Seleção de vareta de agitação	○				Vareta	
Ajuste de velocidade de agitação	○				Agitador	Poliéter: 3000 rpm Poliéster: 2500 rpm
Solvente para limpeza e desperdícios de algodão	○				Esguicho	Quantidade superior a 0,2l
Forrar a forma com papel	○				Papel kraft com polietileno	
Riscar papel	○				Marcador	riscar papel
Forrar balança	○				Balança com função tara e precisão e centésima de grama	
Fazer zero à balança	○					
Molhar o copo com isocianato e escorrer	○					escorrer como se fosse verter no copo de mistura de polióis Copo descartável e tampa de alumínio
Tarar o copo de mistura de isocianato	○				balança	
Pesar os isocianatos e reservar	○		▽		balança e vareta de vidro	
Tarar o copo de mistura de polióis	○				balança	
Pesar os polióis	○				balança e vareta de vidro	
Pesar a água sobre os polióis	○				balança e seringa	
Pesar os catalisadores aminicos sobre os polióis	○				balança e seringa	
Pesar os estabilizantes sobre os polióis	○				balança e seringa	
Pesar os aditivos sobre os polióis	○				balança e seringa	
Pesar o catalisador de estanho sobre os polióis	○				balança e seringa	
Agitar polióis	○				Agitador	20 s
Verter o isocianato no polioli ativado	○					rapidamente
Agitar a mistura de polioli ativado e isocianato	○				Agitador	Até 30 s desde a agitação dos polióis
Verter a mistura na caixa	○					rapidamente
Limpar copo e agitador	○					rapidamente
Desgaseificação			◊		Tempo, intensidade e <i>settling</i>	Cronómetro
Colocar na estufa		→				
Cura na estufa	○					5 a 10 minutos
Retirar da estufa		→				
Deixar arrefecer	○					
Remover espuma da forma e retirar papel	○					Manuseamento cuidadoso
Cortar provetes	○				Ensaio de espuma	Corte
Eliminar resíduos	○					Máquina vertical
Desligar estufa e arrumar materiais	○					

## ANEXO 02 – Tabela do P-FMEA

flexipol		P-FMEA		Área: IDI		Processo: Investigação e Desenvolvimento		Responsável: António Moreira				Revisão N.º: 1									
				Dep.º: IDI		Produto: Espumas de laboratório				Equipa: Antonino Bertocchini (AB), Gustavo Marques (GM), António Moreira (AM)				Data inicial: 16-03-2013							
				Secção: Laboratório de IDI		Passo processo: Ensaios manuais de espuma								Data revisão:							
#	Item Funcão	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais da Falha	Sev	Causas Potenciais da Falha	Situação atual					Ações Recomendadas	F (c)	Resp. / Dept. e Data	Resultado das ações						
							Controlos Prevenção	Ocr	Controlos Detecção	Det	R. P. N. (b)				Ações Implementadas	Sev	Ocr	Det	R. P. N. final	Eficiência	Eficiência (d)
1	Plano de ensaios preenchido																				
2	Recolha de reagentes	Recipientes novos e tapados	Recipientes contaminados	Deterioração dos reagentes. Espuma não conforme ou propriedades erradas	8	Reenchimento de recipientes	Uso de alguns recipientes descartáveis	3	Aspeto visual dos recipientes e reagentes	8	192	Apenas dispor de recipientes como novos e transparentes, rejeitando os que apresentem sinais de deterioração	2	AB		8	3	4	96	48	50%
3			Recipientes destapados	Deterioração dos reagentes. Espuma não conforme ou propriedades erradas	8	Humidade ambiente	Uso de recipientes com tampa ou cobertura de folha de alumínio	4	Visual	8	256	Cada recipiente tem de estar tapado com tampa ou folha de alumínio e elásticos, desde dispensador	2			8	2	5	80	88	69%
4		Identificação correta de recipientes	Identificação incorreta	Espuma não conforme	8	Recipiente não identificado previamente	Nenhum	3	Nenhum	7	168	Colocação do lote no recipiente	1	Operadores		8	3	4	96	72	43%
5					8	Código de reagente trocado	Nenhum	3	Nenhum	7	168	Colocação do lote no recipiente	1	Operadores		8	3	4	96	72	43%
6		Quantidade requerida	Quantidade inferior à requerida	Nova recolha	5	Não conhecimento da qtd necessária	Nenhum	3	Nenhum	7	105	Avaliação da qtd necessária e marcação de escala orientativa no recipiente	1	Operadores		5	3	4	60	45	43%
7			Quantidade superior à requerida	Resíduos	2	Não conhecimento da qtd necessária	Nenhum	3	Nenhum	7	42					2	3	7	42		
8	Preparação da hotte	Ventilador ligado posição 1	Ventilador desligado	Segurança do operador	9	CC Limpeza e manutenção	Nenhum	3	Operador por ruído	5	135	Associar ventilação à iluminação	5	Manutenção		9	1	5	45	18	67%
9	Preparação do tabuleiro de reagentes	Reagentes necessários no tabuleiro de reagentes	Falta de reagentes	Demora na preparação	5	Não verificação do número de reagentes	Nenhum	4	Visual e de sequência operatória	3	60					5	3	4	60		
10			Excesso de reagentes	Espuma não conforme por troca de reagentes	8	Falta de método	Nenhum	4		9	288	Tabuleiro da hotte apenas com os reagentes a usar nos ensaios, ordenados segundo o plano de ensaios	1	Operadores		8	3	4	96	192	67%

## ANEXO 02 (continuação 01)

#	Item Função	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais da Falha	S e v	C l a s s (a)	Causas Potenciais da Falha	Situação atual				Ações Recomendadas	F (c)	Resp. / Dept. e Data	Resultado das ações							
								Controlos Prevenção	O c r	Controlos Detecção	D e t				R. P. N. (b)	Ações Implementadas	S e v	O c r	D e t	R. P. N. final	Eficiência	Eficácia (d)
11	Ajustar a temperatura da estufa	90°C	Temperatura acima de 90°C	Deterioração da espuma e propriedades físicas	4		Estufa sobreaquecida por avaria	Nenhum	4	Apreciação de excesso de temperatura ao colocar o ensaio	7	112	Sonda com LED verde para temperatura dentro do requisito e vermelho fora do requisito	5	Manutenção		4	4	2	32	16	71%
12					4		Setting mal posicionado	Nenhum	5	Poderá haver apreciação de excesso de temperatura ao colocar o ensaio	8	160	Ajustar a 90°C com bloqueio do botão de ajuste	4			4	2	2	16	36	90%
13			Temperatura abaixo de 90°C	Espuma subcurada e remoção mais cuidada	5		Estufa sem aquecimento	Nenhum	3	Possibilidade de apreciação de falta de temperatura ao colocar o ensaio	8	120	Sonda com LED verde para temperatura dentro do requisito e vermelho fora do requisito	5	Manutenção		5	3	2	30	18	75%
14					5		Setting mal posicionado	Nenhum	5	Poderá haver apreciação de falta de temperatura ao colocar o ensaio	8	200	Ajustar a 90°C com bloqueio do botão de ajuste	4			5	5	2	50	38	75%
15			Escala de temperatura não adequada ao requisito	Espuma não curada nas condições padrão	5		Indefinição das condições padrão com margem de variação	Nenhum	5	Nenhum	9	225	Definir no procedimento intervalo de temperatura de 85 a 95°C	1	AB		5	3	2	30	195	87%
16	Selecionar forma	Forma com o tamanho adequado	Forma com excesso de volume	Tamanho insuficiente para obter provetes e repetição do ensaio	6		Indefinição do volume da forma	Nenhum	4	Visual durante a realização do ensaio	3	72					6	4	3	72		
17			Forma com escassez de volume	Desborde de espuma pela forma e repetição do ensaio	6				4		3	72					6	4	3	72		

## ANEXO 02 (continuação 02)

#	Item Função	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais da Falha	S e v	C l a s s (a)	Causas Potenciais da Falha	Situação atual					Ações Recomendadas	F (c)	Resp. / Dept. e Data	Resultado das ações						
								Controles Prevenção	O c r	Controles Detecção	D e t	R. P. N. (b)				Ações Implementadas	S e v	O c r	D e t	R. P. N. final	Eficiência	Eficácia (d)
18	Selecionar copo de mistura	Copo com o tamanho adequado	Copo com excesso de volume	Agitação não conforme e defeitos na espuma ou não conforme. Repetição do ensaio	8		Indefinição do volume do copo para a quantidade de mistura reativa	Nenhum	5	Visual durante a realização do ensaio	3	120	Combo box para indicar o tamanho do copo no plano. Poliéter copo transparente Poliéster copo cartão	1	AB		8	3	3	72	48	40%
19			Copo com escassez de volume	Agitação não conforme e defeitos na espuma ou não conforme. Repetição do ensaio	8			Nenhum	5	Visual durante a realização do ensaio	3	120		1			8	3	3	72	48	40%
20	Seleção de vareta de agitação	Vareta adequada e conforme	Vareta inadequada	Agitação não conforme e defeitos na estrutura celular e espuma não conforme. Repetição do ensaio.	8		Vareta não definida no plano de ensaios	Nenhum	5	Visual antes da utilização	7	280	Mudar procedimento pois define-se apenas um tipo de vareta com encaixe específico Guardar as varetas que não estão em uso	2	AB		8	2	1	16	132	94%
21			Vareta danificada	Agitação não conforme e defeitos na estrutura celular e espuma não conforme. Repetição do ensaio.	8		Manipulação indevida	Nenhum	4	Nenhum	8	256	Instrução de inspeção, limpeza, lubrificação (ILL) e manutenção de equipamento	1	AB Operadores		8	4	3	96	160	63%
22			Vareta desequilibrada	Agitação não conforme e defeitos na estrutura celular e espuma não conforme. Repetição do ensaio.	8		Manipulação indevida	Nenhum	4	Nenhum	8	256	Verificar equilíbrio da vareta por gabarito de contato a baixas rotações e a máxima rotação de operação (ILL).	3	AB Operadores		8	4	3	96	53	63%

**ANEXO 02 (continuação 03)**

#	Item Função	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais da Falha	S e v C l a s s (a)	Causas Potenciais da Falha	Situação atual				Ações Recomendadas	F (c)	Resp. / Dept. e Data	Resultado das ações							
							Controles Prevenção	O c r	Controles Detecção	D e t				R. P. N. (b)	Ações Implementadas	S e v	O c r	D e t	R. P. N. final	Eficiência	Eficácia (d)
23	Ajuste de velocidade de agitação	Velocidade de agitação adequada	Velocidade de agitação definida	Velocidade de agitação não definida	8	Velocidade de agitação não definida no plano de ensaios	Nenhum	5	Visual durante a agitação	6	240	Definir velocidade de agitação no plano de ensaios com registo no plano das rotações em vazio	1	AB		8	3	4	96	144	60%
24			rpm acima do requerido	Defeitos na estrutura celular. Repetição do ensaio.	8	Ajuste do operador mal realizado	Nenhum	4	Visual durante a agitação	6	192	Seleção automática das rotações por botoneira luminosa para poliéter e poliéster	5	Manutenção		8	3	4	96	19	50%
25					8	Descalibração do agitador	Nenhum	5	Nenhum	10	400	Verificação periódicas de rotações	4	Manutenção		8	3	4	96	76	76%
26			rpm abaixo do requerido	Defeitos na estrutura celular. Repetição do ensaio.	8	Falta de caixa de validação no plano de ensaios	Nenhum	5	Visual durante a agitação	7	280	Seleção automática das rotações por botoneira luminosa para poliéter e poliéster	5	Manutenção		8	3	3	72	42	74%
27					8	Descalibração do agitador	Nenhum	5	Nenhum	10	400	Verificação periódicas de rotações	4	Manutenção		8	3	4	96	76	76%
28	Solvente para limpeza e desperdícios de algodão	Esguicho com pelo menos 0,2l e desperdícios disponíveis	Esguicho com menos de 0,2l e desperdícios não disponíveis	Vareta de mistura com resíduos, contaminação ou falta de eficiência na agitação	8	Falta de preparação do material	Nenhum	7	Visual após ensaio	4	224	Copo de limpeza com tampa e marcação para ter solvente em quantidade.	3	Operadores		8	4	3	96	43	57%
29	Forrar a forma com papel	Papel kraft a cobrir a superfície da forma e sem vincos	Superfície não recoberta ou com vincos	Sujidade na forma e dificuldade de extração da espuma	4	Falta de prática	Papel cortado à medida da forma	5	Visual na preparação da forma	3	60					4	5	3	60		
30	Riscar papel	Papel riscado	Papel não riscado	Dificuldade na avaliação do <i>settling</i>	4	Falta de prática	Papel cortado à medida da forma	9	Visual na apreciação do <i>settling</i>	3	108	Formação dos operadores para a importância de riscar o papel	1	AB		4	5	3	60	48	44%
31	Forrar balança	Balança forrada	Balança não forrada	Sujidade na balança	1	Falta de preparação do material	Nenhum	4	Visual durante a pesagem	4	16					1	4	4	16		

ANEXO 02 (continuação 04)

#	Item Função	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais da Falha	Sev	Causas Potenciais da Falha	Situação atual				Ações Recomendadas	F	Resp. / Dept. e Data	Resultado das ações									
							Controlos Prevenção	Ocr	Controlos Detecção	Det				R. P. N. (b)	Ações Implementadas	Sev	Ocr	Det	R. P. N. final	Eficiência	Eficácia (d)		
32	Fazer zero à balança	Balança a zero	Balança não fixa o zero	Espuma não conforme e propriedades físicas incorretas. Repetição.	8	Balança desequilibrada	Nenhum	5	Visual da oscilação do zero da balança	3	120	Ajuste do nível da balança após operações de limpeza (ILL).	4	AB Operadores		8	4	3	96	6	20%		
33					8	Ventilação provoca instabilidade	Nenhum	5	Visual da oscilação do zero da balança	3	120	Resguardo para minimizar efeito da ventilação	4	AB		8	4	3	96	6	20%		
34			Balança descalibrada		8	Plano de calibração inadequado	Nenhum	4	Possivelmente apenas nas propriedades da espuma	7	224	ILL de verificação para as balanças	1	AB		8	3	4	96	128	57%		
35	Molhar o copo com isocianato e escorrer	Copo molhado e escorrido como para verter no poliol	Copo não molhado	Maior variação das propriedades físicas da espuma	4	Falta de prática do operador	Nenhum	4	Detetado na operação de pesagem	5	80					4	4	5	80				
36			Copo demasiado escorrido		4		Nenhum	4	Possivelmente apenas nas propriedades da espuma	6	96							4	4	6	96		
37			Copo pouco escorrido		4		Nenhum	4		6	96							4	4	6	96		
38	Tarar o copo de mistura de isocianato	Copo tarado	Copo não tarado	Espuma não conforme e propriedades físicas incorretas. Repetição.	7	Erro do operador	Nenhum	4	Visual no momento da pesagem, uma vez que não inicia a zero	3	84					7	4	3	84				



## ANEXO 02 (continuação 05)

#	Item Função	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais da Falha	S e v C l a s s (a)	Causas Potenciais da Falha	Situação atual				Ações Recomendadas	F (c)	Resp. / Dept. e Data	Resultado das ações												
							Controlos Prevenção	O c r	Controlos Detecção	D e t				R. P. N. (b)	Ações Implementadas	S e v	O c r	D e t	R. P. N. final	Eficiência	Eficácia (d)					
39	Pesar os isocianatos e reservar	Quantidade requerida	Quantidade inferior ao requerido	Espuma não conforme e propriedades físicas incorretas. Repetição.	8	Erro do operador	Nenhum	4	Possivelmente apenas nas propriedades da espuma	8	256	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	1	Operadores		8	4	6	192	64	25%					
40			Quantidade superior ao requerido		8					256	1								8		4	6	192	64	25%	
41			Troca das quantidades dos isocianatos		8					224	3								Operadores		8	4	3	96	43	57%
42			Balança não capaz		8					320	2								GM		8	3	4	96	112	70%
43	Tarar o copo de mistura de polióis	Copo tarado	Copo não tarado	Espuma não conforme e propriedades físicas incorretas. Repetição.	7	Erro do operador	Nenhum	4	Visual no momento da pesagem, uma vez que não inicia a zero	3	84				7	4	3	84								

**ANEXO 02 (continuação 06)**

#	Item Função	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais da Falha	S e v e r s (a)	C l a s s (a)	Causas Potenciais da Falha	Situação atual				Ações Recomendadas	F (c)	Resp. / Dept. e Data	Resultado das ações							
								Controlos Prevenção	O c r	Controlos Detecção	D e t				R. P. N. (b)	Ações Implementadas	S e v	O c r	D e t	R. P. N. final	Eficiência	Eficácia (d)
44	Pesar os polióis	Pesar os polióis na quantidade requerida	Quantidade inferior ao requerido	Espuma não conforme e propriedades físicas incorretas. Repetição.	8		Erro do operador	Nenhum	4	Possivelmente apenas nas propriedades da espuma em especial na densidade	8	256	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	1	Operadores		8	4	6	192	64	25%
45			Quantidade superior ao requerido		8		Erro do operador	Nenhum	4		8	256		1			8	4	6	192	64	25%
46			Troca das quantidades dos polióis		8		Erro do operador	Nenhum	5	Aspetto do ensaio e propriedades da espuma	7	280	3	Operadores		8	4	3	96	61	66%	
47			Balança não capaz		8		Quantidade a pesar fora da gama da balança	Nenhum	5		8	320	2	GM		8	3	4	96	112	70%	
48	Tarar entre pesagens	Copo tarado	Copo não tarado	Espuma não conforme e propriedades físicas incorretas. Repetição.	7		Erro do operador	Nenhum	4	Visual no momento da pesagem, uma vez que não inicia a zero	3	84				7	4	3	84			

ANEXO 02 (continuação 07)

#	Item Função	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais da Falha	S e v C l a s s (a)	Causas Potenciais da Falha	Situação atual				Ações Recomendadas	F (c)	Resp. / Dept. e Data	Resultado das ações											
							Controlos Prevenção	O c r	Controlos Detecção	D e t				R. P. N. (b)	Ações Implementadas	S e v	O c r	D e t	R. P. N. final	Eficiência	Eficácia (d)				
49	Pesar a água sobre os polióis	Quantidade requerida	Quantidade inferior ao requerido	Espuma não conforme e propriedades físicas incorretas. Repetição.	8	Erro do operador	Nenhum	4	Possivelmente apenas nas propriedades da espuma em especial na densidade	8	256	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	1	Operadores		8	5	3	120	136	53%				
50			Quantidade superior ao requerido		8			4		8	256					1	Operadores	8	5			3	120	136	53%
51			Troca de reagente		8			5		7	280					3	Operadores	8	4			3	96	61	66%
52			Balança não capaz		8			5		8	320					2	GM	8	3			4	96	112	70%
53	Pesar os catalisadores sobre os polióis	Quantidade requerida	Quantidade inferior ao requerido	Espuma não conforme e propriedades físicas incorretas. Repetição.	8	Erro do operador	Nenhum	4	Na desgaseificação, aspeto do ensaio e propriedades físicas da espuma	6	192	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	1	Operadores		8	5	3	120	72	38%				
54			Quantidade superior ao requerido		8			4		6	192					1	Operadores	8	5			3	120	72	38%
55			Troca de catalisadores ou de quantidades		8			5		6	240					3	Operadores	8	4			3	96	48	60%
56			Balança não capaz		8			5		8	320					6	GM	8	3			4	96	37	70%

ANEXO 02 (continuação 08)

#	Item Função	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais da Falha	Sev	Causas Potenciais da Falha	Situação atual				Ações Recomendadas	F (c)	Resp. / Dept. e Data	Resultado das ações									
							Controlos Prevenção	Ocr	Controlos Detecção	Det				R. P. N. (b)	Ações Implementadas	Sev	Ocr	Det	R. P. N. final	Eficiência	Eficácia (d)		
57	Pesar os estabilizantes sobre os polióis	Quantidade requerida	Quantidade inferior ao requerido	Espuma não conforme e propriedades físicas incorretas. Repetição.	8	Erro do operador	Nenhum	4	Na degaseificação, aspeto do ensaio e propriedades físicas da espuma	6	192	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	1	Operadores		8	5	3	120	72	38%		
58			Quantidade superior ao requerido		8			4		6	192					1	8	5	3	120	72	38%	
59			Troca das quantidades dos estabilizantes		8			5		6	240					3	Operadores	8	4	3	96	48	60%
60			Balança não capaz		8			5		8	320					6	GM	8	3	4	96	37	70%
61	Pesar os aditivos sobre os polióis	Quantidade requerida	Quantidade inferior ao requerido	Espuma não conforme e propriedades físicas incorretas. Repetição.	8	Erro do operador	Nenhum	5	Possivelmente apenas nas propriedades da espuma	8	320	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	1	Operadores		8	5	3	120	200	63%		
62			Quantidade superior ao requerido		8			5		8	320					1	8	5	3	120	200	63%	
63			Troca das quantidades dos aditivos		8			5		8	320					3	Operadores	8	4	3	96	75	70%
64			Balança não capaz		8			5		8	320					2	GM	8	3	4	96	112	70%

## ANEXO 02 (continuação 09)

#	Item Função	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais da Falha	Sev	Causas Potenciais da Falha	Situação atual				Ações Recomendadas	F (c)	Resp. / Dept. e Data	Resultado das ações											
							Controles Prevenção	Ocr	Controles Detecção	Det				R. P. N. (b)	Ações Implementadas	Sev	Ocr	Det	R. P. N. final	Eficiência	Eficácia (d)				
65	Pesar o catalisador de estanho sobre os polióis	Quantidade requerida	Quantidade inferior ao requerido	Espuma não conforme e propriedades físicas incorretas. Repetição.	8	Erro do operador	Nenhum	5	Visual na desgaseificação e propriedades físicas da espuma	6	240	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	1	Operadores		8	5	3	120	120	50%				
66			Quantidade superior ao requerido		8					Erro do operador	Nenhum					5	6	240	1	8	5	3	120	120	50%
67			Balança não capaz		8					Quantidade a pesar fora da gama da balança	Nenhum					5	8	320	Avaliação da capacidade da balança e balança capaz	2	GM	8	3	4	96
68	Catalisador vertido sobre o poliól	Catalisador vertido sobre as aminas	Espuma não conforme, propriedades físicas incorretas e repetição.	8	Erro do operador	Nenhum	5	Possivelmente apenas nas propriedades da espuma	6	240	Especificação do modo de verter o catalisador de estanho no modo operatório	1	AB	8	4	6	192	48	20%						
69				8					5	6	240	Formação sobre efeitos de verter o catalisador de estanho sobre as aminas	2	AB	8	4	6	192	24	20%					
70	Agitar polióis	Agitar 20s	Agitar menos de 20s	Falta de nucleação, defeitos na estrutura celular e espuma não conforme	8	Falta de exatidão do operador	Nenhum	5	Aspetto do ensaio e propriedades da espuma	7	280	Programação do tempo de agitação com paragem automática	5	Manutenção	8	3	3	72	42	74%					
71			Agitar mais de 20s		8					5	7				280	8	3	3	72	42	74%				
72			Attingir as rpm requeridas	Não alcança as rpm requeridas	8	Viscosidade da mistura	Nenhum	9	Visual com muito alta probabilidade de deteção	3	216	Ajuste automático de rpm. Contar o tempo a partir de zero rpm	5	Manutenção	8	3	3	72	29	67%					

## ANEXO 02 (continuação 10)

#	Item Função	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais da Falha	S e v C l a s s (a)	Causas Potenciais da Falha	Situação atual					Ações Recomendadas	F (c)	Resp. / Dept. e Data	Resultado das ações								
							Controlos Prevenção	O c r	Controlos Detecção	D e t	R. P. N. (b)				Ações Implementadas	S e v	O c r	D e t	R. P. N. final	Eficiência	Eficácia (d)		
73	Verter o isocianato no polioli ativado	Isocianato vertido rapidamente no polioli ativado	Isocianato vertido lentamente no polioli ativado	Formação parcial de espuma e estrutura celular não conforme	8		Não padronização do tempo de vertido	Nenhum	5	Nenhum	6	240	Aviso sonoro para vertido	5	Manutenção		8	4	3	96	29	60%	
74	Agitar a mistura de polioli ativado e isocianato	Continuar a agitar até 30s	Agitar menos de 30s	Polioli e isocianato não reagidos. Defeitos na espuma e repetição.	8	SC	Falta de exatidão do operador	Nenhum	6	Nenhum	7	336	Programação do tempo de agitação com aviso e remover inércia do agitador.	5	Manutenção		8	3	3	72	53	79%	
75			Agitar mais de 30s	Formação de espuma durante a agitação com defeitos na estrutura celular	7		Falta de exatidão do operador	Nenhum	6	Nenhum	6	252				5		7	3	3	63	38	75%
76			Falta de espuma na forma para obter provetes. Defeitos no ensaio de espuma. Repetição.	6		Falta de exatidão do operador	Nenhum	5	Nenhum	6	180	5					6	3	3	54	25	70%	
77	Verter a mistura na caixa	Mistura reativa vertida rapidamente na forma	Mistura reativa vertida lentamente na forma	Falta de espuma na forma para obter provetes. Defeitos no ensaio de espuma. Repetição.	6		Não padronização do tempo de vertido	Nenhum	4	Mistura reativa muito viscosa e excesso de espuma no copo	4	96				6	4	4	96				
78	Limpar copo	Copo limpo	Copo sujo	Copo de agitação com restos de espuma reagida e nova limpeza.	8		Espuma muito reativa com falta de tempo para a limpeza	Nenhum	6	Visual antes de novo ensaio	5	240	Uso de copos descartáveis em número suficiente para os ensaios a realizar. Comprar copos grandes descartáveis.	4	AB		8	1	3	24	54	90%	
79	Limpar agitador	Agitador limpo	Agitador sujo	Agitador com restos de espuma reagida e nova limpeza.	8		Espuma muito reativa com falta de tempo para a limpeza	Nenhum	6	Visual antes de novo ensaio	5	240	Copo de mergulho do agitador em solvente com ciclo de limpeza automático a baixas rotações	4	Manutenção		8	2	5	80	40	67%	

## ANEXO 02 (continuação 11)

#	Item Função	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais da Falha	S e v C l a s s (a)	Causas Potenciais da Falha	Situação atual					Ações Recomendadas	F (c)	Resp. / Dept. e Data	Resultado das ações						Eficácia (d)
							Controlos Prevenção	O c r	Controlos Detecção	D e t	R. P. N. (b)				Ações Implementadas	S e v	O c r	D e t	R. P. N. final	Eficiência	
80	Desgaseificação	Tempo de desgaseificação anotado	Tempo de desgaseificação não anotado	Repetição do ensaio de espuma	6	Operador não observa	Nenhum	5	Sem registo de tempo no plano de ensaios	3	90				6	5	3	90			
81		Intensidade observada	Intensidade não observada	Catálise desajustada e dificuldade de industrialização	6	Não ter padrão para intensidade de desgaseificação	Nenhum	5	Tarefa específica de visualização	3	90	2	GM		6	5	2	60	15	33%	
82		Settling observado	Settling não observado	Densificação da espuma	6	Operador não observa	Nenhum	5	Tarefa específica de visualização, embora menos perceptível	3	90	6	GM		6	5	3	90	0		
83	Colocar na estufa	Ensaio colocado na estufa	Ensaio não colocado na estufa	Falta de cura e deterioração externa do ensaio de espuma	5	Falta de sinalização do tempo	Nenhum	4	Nenhum	3	60				5	4	3	60			
84	Cura na estufa	5 a 10 minutos	Menos de 5 min	Falta de cura e deterioração externa do ensaio de espuma	5	Falta de sinalização do tempo	Nenhum	6	Nenhum	3	90	1	AB		5	6	3	90	0		
85			Mais de 10 min	Papel colado à espuma	5	Falta de sinalização do tempo	Nenhum	6	Nenhum	3	90	1			5	6	3	90	0		
86	Retirar da estufa	Ensaio removido da estufa	Ensaio na estufa	Papel colado à espuma	5	Falta de sinalização do tempo	Nenhum	6	Nenhum	3	90				5	6	3	90			
87				Termoxidação da espuma	6	Falta de sinalização do tempo	Nenhum	4	Nenhum	4	96	1	AB		6	4	4	96	0		
88	Remover espuma da forma e retirar papel	Papel removido	Papel não removido	Nenhum	1	Operador não o remove	Nenhum	1	Visual do papel a forrar o ensaio	1	1				1	1	1	1			
89	Cortar provetes	Provetes nas dimensões requeridas para os ensaios	Falta de espuma para corte de provetes nas dimensões requeridas	Repetição do ensaio de espuma	6	Defeitos no ensaio de espuma	Nenhum	4	Visual	2	48				6	4	2	48			

## ANEXO 02 (continuação 12)

#	Item Função	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais da Falha	Sev	C l a s s (a)	Causas Potenciais da Falha	Situação atual				Ações Recomendadas	F (c)	Resp. / Dept. e Data	Resultado das ações					Eficiência	Eficácia (d)				
								Controlos Prevenção	O c r	Controlos Detecção	D e t				R. P. N. (b)	Ações Implementadas	S e v	O c r	D e t			R. P. N. final			
90	Eliminar resíduos (copos, papéis, desperdícios,...)	Resíduos nos recipientes adequados	Resíduos em recipientes trocados	Separação posterior dos resíduos	1		Distração do operador	Nenhum	4	Nenhum	9	36													
91	Desligar estufa e arrumar materiais	Estufa desligada e materiais arrumados	Estufa ligada e materiais desarrumados	Consumo de energia e risco de incêndio	10	CC	Distração do operador	Nenhum	5	Visual	9	450	Ao desligar a luz do laboratório a estufa desliga ou Colocar temporizador de corte de energia nas horas não laborais e fins de semana, com rearme manual obrigatório.	5	Manutenção										
<b>TRE - Total Risk Estimate</b>								<b>Risco Total Inicial</b>				<b>20%</b>	<b>Risco Total Final ou Expetável</b>					<b>9%</b>	<b>58%</b>						

- (a) **SC** - Caraterística Severa que deve ser revista (para P-FMEA: Severidade <9 e Ocorrência >5 e Detecção >6; para D-FMEA: Severidade entre 3 e 9 e Ocorrência >3);  
**CC** - Caraterística Crítica com necessidade de atuação urgente (para qualquer tipo de FMEA: Severidade >8, aspetos relacionados com segurança).
- (b) **RPN (Risk Priority Number)** - Severidade x Ocorrência x Detecção;  $RPN \geq 100 \Rightarrow$  célula a fundo rosa e requer ações melhoria.
- (c) **F** - Exequibilidade da ação de melhoria
- (d) **Eficácia** - célula com fundo verde para eficácia maior ou igual a 30%; fundo amarelo para menor que 30%.

**Total de ações definidas : 67**  
**Total de ações definidas com eficácia  $\geq$  30% : 59**  
**Média global eficácia : 43%**

Aplicação do FMEA a ensaios de espuma em IDI da Flexipol, S.A.  
 António Moreira, nov.2013

O fundo amarelo sobre a coluna # indica os itens/funções que foram transpostos para o Plano de Controlo.



## ANEXO 03 – Plano de controlo IDI 01 FXP

flexipol		PLANO DE CONTROLO N.º IDI 01 FXP							DATA (inicial) 26-04-2013		DATA (revisão) Previsto, Jul 2014			
PROCESSO Investigação e Desenvolvimento			EQUIPA Gustavo Marques, Antonino Bertocchini, António Moreira					APROVAÇÃO ENGENHARIA CLIENTE/DATA (se aplicável) ---						
DESCRIÇÃO Espumas de laboratório			APROVAÇÃO/DATA Gustavo Marques					21-06-2013		APROVAÇÃO QUALIDADE CLIENTE/DATA (se aplicável) ---				
LOCAL Laboratório de IDI		CONTATO/TLF. ---	OUTRAS APROVAÇÕES/DATA (se aplicável) ---					OUTRAS APROVAÇÕES/DATA (se aplicável) ---						
N.º FUNÇÃO	DESCRIÇÃO PROCESSO/ OPERAÇÃO	EQUIPAMENTO, FERRAMENTAS, GABARI.	CARACTERÍSTICAS / PARÂMETROS		SC/CC	MÉTODO						PLANO DE REAÇÃO		
			PRODUTO	PROCESSO		PRODUTO ESPECIFICAÇÃO	AVALIAÇÃO / MEDIÇÕES			AMOSTRA		REGISTO DE CONTROLO	DESCRIÇÃO	RESP.
						DESCRIBÇÃO	MEIO CONTROLO	RESP.	AMANHÃO	FREQ.				
8	Preparação da hotte	Hotte 1 e 2	-	ventilação	☑	velocidade facial de escoamento do ar mínimo de 2108m3/h	medido tal como indicado no relatório PJPP1_1464 da Laborial	anemómetro Airflow TA430-A	Laborial	-	bienal	etiqueta na hotte	Pedir reparação para valores abaixo do escoamento mínimo	Manutenção
11	Ajustar a temperatura da estufa	Estufa do Idi	-	Verificações		desvio inferior a 2ºC	Idi ILL xxx FXP (a definir, segundo plano de ações)	termómetro padrão	Responsável de projeto senior	-	anual	etiqueta na estufa	Pedir reparação para valores fora do requisito	Manutenção
20	Seleção de vareta de agitação	Vareta de agitação	-	Verificações		Vareta com base plana e perpendicular ao eixo, sem danos e equilibrada	Idi ILL xxx FXP (a definir, segundo plano de ações)	Apetrechos definidos na Idi ILL xxx FXP (a definir, segundo plano de ações)	Operadores	-	mensal	Registo da Idi ILL xxx FXP	Informar chefia	Responsável de projeto senior
23	Ajuste de velocidade de agitação	Agitador 1 e 2	-	Verificações		desvio inferior a 30 rpm	Idi ILL xxx FXP (a definir, segundo plano de ações)	taquímetro	Responsável de projeto senior	-	anual	Etiqueta no agitador	Pedir reparação para valores fora do critério de aceitação	Manutenção
32	Fazer zero à balança	Balanças BAL3820052 BAL 3820039	-	Calibrações		critério de aceitação de 0,1g	Calibração segundo procedimento da entidade externa	massas padrão	entidade externa acreditada	-	anual	etiqueta na balança	Pedir reparação para valores fora do critério de aceitação de 0,1 g	Manutenção
				Verificações		critério de aceitação de 0,1g	Idi ILL xxx FXP (a definir, segundo plano de ações)	massas padrão	Responsável de projeto senior	-	trimestral	Registo da Idi ILL xxx FXP	Valores fora do critério de aceitação de 0,1g pedir calibração	Resp. Dep. Idi
-	Temperatura e humidade do laboratório	Termohigrómetro Testo 622	-	Controlo condições ambientais		Critério de aceitação de 1ºC e 2% de HR	Medição em estufa climática	Sondas calibradas	CATIM	-	anual	etiqueta no aparelho	Ajuste ou substituição do equipamento quando fora do critério de aceitação	Manutenção
-		Ar condicionado do laboratório de Idi	-	Controlo condições ambientais		Idi IT 619 FXP 19 a 25ºC	Avaliação temperatura do termohigrómetro	Termohigrómetro Testo 622	Operadores laboratório Idi			registo nos mapas de ensaios laboratoriais	Ajuste da temperatura do aparelho de ar condicionado	Responsável laboratório Idi
-	Qualidade do ar (reciclagem do ar de	AVAC's n.º 33, 37 e UTA n.º 32	-	Climatização laboratório	☑	18 a 22% do caudal total	renovação de ar	anemómetro	Laborial	-	trienal	etiqueta no aparelho	Se fora do requisito ajustar ou reparar	Manutenção
-	Exposição profissional a agentes químicos	Hotte 1 e 2	aminas, isocianatos, solventes, ...	-	☑	Decreto-Lei n.º 24_2012	Análise e verificação dos postos de trabalho	Bombas de amostragem	Entidade Externa	-	anual	HST - Relatório de ensaio	Informar HST - Implementar medidas quando os valores obtidos são acima do valor limite	Resp. Dep. Idi
-	Ruído laboral	Hotte 1 e 2	Nível de dB(A)	-	☑	Decreto-Lei n.º 182_2006	Análise e verificação dos postos de trabalho	Sonómetro / Dosímetro	Entidade Externa	-	anual, bienal ou se ocorre	HST - Relatório de ensaio	Informar HST - Implementar medidas quando os valores obtidos são acima do valor limite	Resp. Dep. Idi
-	Iluminação	Lâmpadas	-	Iluminação do laboratório	☑	Norma ISO 8995-1:2002 "Lighting of indoor work places"	Análise e verificação dos postos de trabalho	Luxímetro	Entidade Externa	-	se ocorre alteração	HST - Relatório de ensaio	Informar HST - Implementar medidas quando os valores obtidos são acima do valor limite	Resp. Dep. Idi
-	Equipamento de combate a incêndios (exceto extintores)	Manta, Absorvente, ...	Estado do mesmo ou prazo de validade	-	☑	Bom estado de conservação e em prazo de validade	Verificação de estado e prazos de validade	Visual	Responsável do laboratório	-	anual	Registo da Idi ILL xxx FXP	Informar HST - Implementar medidas pertinentes quando em não conformidade	Resp. Dep. Idi



ANEXO 04 (continuação 01)

#	flexipol <b>IDI FMEA LAB</b>  PLANO DE AÇÕES	Resp.	Jun		Jul		Ago		Set		Out		Nov		Dez		Status 0%	SC / CC	F	R P N inicial	R P N atual	R P N fim	Eficiência	Eficácia	Intervenientes: G. Marques, A. Bertocchini e A. Moreira Ações definidas = 61 ; em curso = 1 ; concluídas = 8 ; fechadas = 0 ; total de 70 ações  OBSERVAÇÕES																
			23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36										37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
			3	10	17	24	1	8	15	22	29	5	12	19	26	2										9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23
20	Mudar procedimento pois define-se apenas um tipo de vareta com encaixe específico	AB																🕒		2	280	280	16	132	94%																
21	Instrução de inspeção, limpeza, lubrificação (ILL) e manutenção de equipamento	AB Operadores																🕒		1	256	256	96	160	63%																
22	Verificar equilíbrio da vareta por gabari de contato a baixas rotações e a máxima rotação de operação (ILL).	AB Operadores																🕒		3	256	256	96	53	63%																
23	Definir velocidade de agitação no plano de ensaios com registo no plano das rotações em vazio	AB																🕒		1	240	240	96	144	60%																
24	Seleção automática das rotações por botoneira luminosa para poliéter e poliéster	Manutenção																🕒		5	192	192	96	19	50%	Ações a monitorizar por AB															
25	Verificação periódicas de rotações	Manutenção																🕒		4	400	400	96	76	76%																
26	Seleção automática das rotações por botoneira luminosa para poliéter e poliéster	Manutenção																🕒		5	280	280	72	42	74%	Ações a monitorizar por AB															
27	Verificação periódicas de rotações	Manutenção																🕒		4	400	400	96	76	76%																
28	Copo de limpeza com tampa e marcação para ter solvente em quantidade.	Operadores																🕒		3	224	224	96	43	57%																
30	Formação dos operadores para a importância de riscar o papel	AB																🕒		1	108	108	45	63	58%																
32	Ajuste do nível da balança após operações de limpeza (ILL).	AB Operadores																🕒		4	120	120	96	6	20%																
33	Resguardo para minimizar efeito da ventilação	AB																🕒		4	120	120	96	6	20%																
34	ILL de verificação para as balanças	AB																🕒		1	224	224	96	128	57%																
39	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	Operadores																🕒		1	256	256	192	64	25%																

**ANEXO 04 (continuação 02)**

flexipol <b>IDI FMEA LAB</b>		Resp.	Jun			Jul				Ago					Set				Out				Nov				Dez				Status	SC / CC	F	R P N inicial	R P N atual	R P N fim	Eficiência	Eficácia	Intervenientes: G. Marques, A. Bertocchini e A. Moreira Ações definidas = 61 ; em curso = 1 ; concluídas = 8 ; fechadas = 0 ; total de 70 ações																																																																																																							
			23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50										51	52																																																																																																					
			3	10	17	24	1	8	15	22	29	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9										16	23																																																																																																					
			7	14	21	28	5	12	19	26	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	6	13										20	27																																																																																																					
PLANO DE AÇÕES		0%																													20%																												18%																												9%																												OBSERVAÇÕES																											
40	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	Operadores																																						1	256	256	192	64	25%																																																																																																	
41	Tabuleiro apenas com os reagentes a usar, ordenados segundo o plano de ensaios, deixando intervalo entre reagentes já pesados e a pesar.	Operadores																																							3	224	224	96	43	57%																																																																																																
42	Avaliação da capacidade da balança e balança capaz	GM																																							2	320	96	96	112	70%	Decisão de colocar em investimentos de 2014 a substituição das atuais balanças com precisão de 10mg por balanças com precisão de 1mg.																																																																																															
44	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	Operadores																																							1	256	256	192	64	25%																																																																																																
45	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	Operadores																																								1	256	256	192	64	25%																																																																																															
46	Tabuleiro apenas com os reagentes a usar, ordenados segundo o plano de ensaios, deixando intervalo entre reagentes já pesados e a pesar.	Operadores																																								3	280	280	96	61	66%																																																																																															
47	Avaliação da capacidade da balança e balança capaz	GM																																								2	320	96	96	112	70%	Decisão de colocar em investimentos de 2014 a substituição das atuais balanças com precisão de 10mg por balanças com precisão de 1mg.																																																																																														
49	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	Operadores																																								1	256	256	120	136	53%																																																																																															
50	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	Operadores																																								1	256	256	120	136	53%																																																																																															
51	Tabuleiro apenas com os reagentes a usar, ordenados segundo o plano de ensaios, deixando intervalo entre reagentes já pesados e a pesar.	Operadores																																									3	280	280	96	61	66%																																																																																														
52	Avaliação da capacidade da balança e balança capaz	GM																																									2	320	96	96	112	70%	Decisão de colocar em investimentos de 2014 a substituição das atuais balanças com precisão de 10mg por balanças com precisão de 1mg.																																																																																													
53	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	Operadores																																									1	192	192	120	72	38%																																																																																														
54	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	Operadores																																									1	192	192	120	72	38%																																																																																														
55	Tabuleiro apenas com os reagentes a usar, ordenados segundo o plano de ensaios, deixando intervalo entre reagentes já pesados e a pesar.	Operadores																																									3	240	240	96	48	60%																																																																																														
56	Avaliação da capacidade da balança e balança capaz	GM																																										6	320	96	96	37	70%	Decisão de colocar em investimentos de 2014 a substituição das atuais balanças com precisão de 10mg por balanças com precisão de 1mg.																																																																																												

**ANEXO 04 (continuação 03)**

#	flexipol IDI FMEA LAB <b>PLANO DE AÇÕES</b>	Resp.	Jun		Jul				Ago				Set				Out				Nov				Dez				Status	SC / CC	F	RPN inicial	RPN atual	RPN fim	Eficiência	Eficácia	Intervenientes: G. Marques, A. Bertocchini e A. Moreira Ações definidas = 61 ; em curso = 1 ; concluídas = 8 ; fechadas = 0 ; total de 70 ações																											
			23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48										49	50	51	52																							
			3	10	17	24	1	8	15	22	29	5	12	19	26	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25										1	8	15	22	29	6	13	20	27																		
57	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	Operadores																										0%	CC		1	192	192	120	72	38%																												
58	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	Operadores																														1	192	192	120	72	38%																											
59	Tabuleiro apenas com os reagentes a usar, ordenados segundo o plano de ensaios, deixando intervalo entre reagentes já pesados e a pesar.	Operadores																														3	240	240	96	48	60%																											
60	Avaliação da capacidade da balança e balança capaz	GM																														6	320	96	96	37	70%	Decisão de colocar em investimentos de 2014 a substituição das atuais balanças com precisão de 10mg por balanças com precisão de 1mg.																										
61	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	Operadores																														1	320	320	120	200	63%																											
62	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	Operadores																															1	320	320	120	200	63%																										
63	Tabuleiro apenas com os reagentes a usar, ordenados segundo o plano de ensaios, deixando intervalo entre reagentes já pesados e a pesar.	Operadores																															3	320	320	96	75	70%																										
64	Avaliação da capacidade da balança e balança capaz	GM																														2	320	96	96	112	70%	Decisão de colocar em investimentos de 2014 a substituição das atuais balanças com precisão de 10mg por balanças com precisão de 1mg.																										
65	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	Operadores																															1	240	240	120	120	50%																										
66	Porta plano com caneta e riscar no plano o peso do reagente como validação da quantidade pesada	Operadores																															1	240	240	120	120	50%																										
67	Avaliação da capacidade da balança e balança capaz	GM																															2	320	96	96	112	70%	Decisão de colocar em investimentos de 2014 a substituição das atuais balanças com precisão de 10mg por balanças com precisão de 1mg.																									
68	Especificação do modo de verter o catalisador de estanho no modo operatório	AB																															1	240	240	192	48	20%																										
69	Formação sobre efeitos de verter o catalisador de estanho sobre as amins	AB																															2	240	240	192	24	20%																										

## ANEXO 04 (continuação 04)

#	flexipol IDI FMEA LAB PLANO DE AÇÕES	Resp.	Jun		Jul				Ago				Set				Out				Nov				Dez				Status	SC / CC	F	R P N inicial	R P N atual	R P N fim	Eficiência	Eficácia	Intervenientes: G. Marques, A. Bertocchini e A. Moreira Ações definidas = 61 ; em curso = 1 ; concluídas = 8 ; fechadas = 0 ; total de 70 ações OBSERVAÇÕES				
			23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48										49	50	51	52
			3	10	17	24	1	8	15	22	29	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25										2	9	16	23
			7	14	21	28	5	12	19	26	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29										6	13	20	27
70	Programação do tempo de agitação com paragem automática	Manutenção																																				74%	74%	Ações a monitorizar por AB	
71	Programação do tempo de agitação com paragem automática	Manutenção																																				74%	74%	Ações a monitorizar por AB	
72	Ajuste automático de rpm. Contar o tempo a partir de zero rpm	Manutenção																																				67%	67%	Ações a monitorizar por AB	
73	Aviso sonoro para vertido	Manutenção																																				60%	60%	Ações a monitorizar por AB	
74	Programação do tempo de agitação com aviso e remover inércia do agitador.	Manutenção																																				79%	79%	Ações a monitorizar por AB	
75	Programação do tempo de agitação com aviso e remover inércia do agitador.	Manutenção																																				75%	75%	Ações a monitorizar por AB	
76	Programação do tempo de agitação com aviso e remover inércia do agitador.	Manutenção																																				70%	70%		
78	Uso de copos descartáveis em número suficiente para os ensaios a realizar. Comprar copos grandes descartáveis.	AB																																				90%	90%	Ações a monitorizar por AB	
79	Copo de mergulho do agitador em solvente com ciclo de limpeza automático a baixas rotações	Manutenção																																				67%	67%		
81	Criar padrão de intensidade de desgaseificação e campo de anotação	GM																																				33%	33%		
82	Medir através aparelho de medição de curva de crescimento	GM																																				0%	0%	Apenas colocação no plano de investimentos de 2014	
84	Temporizador tipo cozinha	AB																																				0%	0%		
85	Temporizador tipo cozinha	AB																																				0%	0%		
87	Temporizador tipo cozinha	AB																																				0%	0%		

## ANEXO 04 (continuação 05)

#	flexipol IDI FMEA LAB  PLANO DE AÇÕES	Resp.	Jun		Jul				Ago				Set				Out				Nov				Dez				Status	SC / CC	F	RPN inicial	RPN atual	RPN fim	Eficiência	Eficácia	Intervenientes: G. Marques, A. Bertocchini e A. Moreira Ações definidas = 61 ; em curso = 1 ; concluídas = 8 ; fechadas = 0 ; total de 70 ações								
			23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48										49	50	51	52				
			3	10	17	24	1	8	15	22	29	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	7	14	21	28	0%			20%	18%	9%			<b>OBSERVAÇÕES</b>

91	Ao desligar a luz do laboratório a estufa desliga ou Colocar temporizador de corte de energia nas horas não laborais e fins de semana, com rearme manual obrigatório.	Manutenção																																		cc	5	450	450	20	86	96%	Ações a monitorizar por AB	
92	ILL para verificação de empenos dos agitadores e desequilíbrio dos agitadores por gabari	AB																																		-	-	-	-	-	-	-	-	Decorrente do plano de controlo
93	Colocar intervalo permitido para temperatura no documento IDi 006 FXP	AB																																										Decorrente do plano de controlo

ação calendarizada e responsável atribuído     
 ação em curso     
 ação realizada, em avaliação de eficácia     
 eficácia avaliada

## ANEXO 05 – Check-list de confirmação de processo



### Check-List de Confirmação de Processo

Área: Laboratório de Idi - Ensaios de Espuma

Sem./Dia: \_\_\_\_\_

Realizado por: \_\_\_\_\_

Nr.	Confirmação Processo: Trabalho Standard	Ok	Nok	Desvios, notas
1	O laboratório encontra-se nas condições padrão de funcionamento (luz, temperatura, ventilação)?			
2	O operador conhece os seus padrões de trabalho, instruções e está formado?			
3	A sequência de trabalho observada está de acordo com o definido?			
4	Reagentes dentro do prazo de validade?			
5	Dispõe apenas de recipientes como novos e transparentes, tapados, sem sinais de deterioração, com código e lote?			
6	Tabuleiro da hotte apenas com os reagentes a usar nos ensaios, ordenados segundo o plano de ensaios.			
7	Estufa entre 85 e 95°C, temporizadores da estufa em bom estado?			
8	Varetas de agitação em bom estado, limpas e sem empenos?			
9	Não apresentam sinais de desequilíbrio por gabari de contato a baixas rotações e a 3000 rotações por minuto?			
10	Copo de limpeza com tampa e marcação para ter solvente em quantidade?			
11	Balança com calibração dentro de validade e ajuste estável do zero?			
12	Copos de isocianato tapados?			
13	Resíduos encaminhados para as respetivas fileiras?			
14	Os desvios e problemas estão a ser seguidos e as ações implementadas no prazo definido?			
15				
16				
<b>Nr. Melhorias para Trabalho Padronizado</b>		<b>Notas potenciais para melhoria</b>		
1	Existe uma melhor forma de desempenhar os processos do posto de trabalho (ex. risco de erro, manuseio, ...)?			
2	Os operadores desempenham actividades fora do âmbito do seu trabalho? Porquê?			
3				
Mais Notas:				



## ANEXO 06 – Confirmação de processo, desvios e seguimento



### Confirmação de Processo: Desvios e Seguimento

Área:	Laboratório de IDi			Mês:	Junho							Ano:	2013					
Responsáveis e Periodicidade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Laboratório (Semanal)			2	3	4	5	6			2	3	4	5	6				
Departamento (Mensal)																		
Notas			2	3	4	5	6			2	3	4	5	6				
Responsáveis e Periodicidade	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
Laboratório (Semanal)	2	3	4	5	6			2	3	4	5	6						
Departamento (Mensal)																		
Notas	2	3	4	5	6			2	3	4	5	6						
Data	Desvio / Problema		Ação Imediata / Corretiva										Resp. e Data	Resp. e Data	Estado			
			Ação Preventiva										Ação Imediata	Ação Preventiva				
															○			
Seguimento de Eficácia	Sem.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Data Eficácia Comprovada						
Data	Desvio / Problema		Ação Imediata / Corretiva										Resp. e Data	Resp. e Data	Estado			
			Ação Preventiva										Ação Imediata	Ação Preventiva				
															○			
Seguimento de Eficácia	Sem.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Data Eficácia Comprovada						
Data	Desvio / Problema		Ação Imediata / Corretiva										Resp. e Data	Resp. e Data	Estado			
			Ação Preventiva										Ação Imediata	Ação Preventiva				
															○			
Seguimento de Eficácia	Sem.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Data Eficácia Comprovada						

ação calendarizada e responsável atribuído

ação em curso

ação realizada, em avaliação de eficácia

eficácia avaliada

## ANEXO 07 - Tabela de índices de severidade com aplicação ao IDi

Índice	Severidade	Critérios	Aplicação a IDi
1	Mínima	Sem efeito	Sem efeito
2	Muito pequena	Mal se percebe que a falha ocorre, apenas notado por certos <i>clientes</i> . Defeito cosmético apenas notado por observação atenta. Menos de 50% requer retrabalho.	Inconveniente, com efeitos desprezíveis
3	Pequena	Pequeno defeito cosmético. Menos de 100% pode requer retrabalho. Disrupções menores na linha de produção.	Defeito apenas visual
4	Menor	Pode ocorrer deterioração no desempenho ao longo do tempo. Defeito cosmético significativo. O produto requer escolha e uma parte (<100%) requer retrabalho cosmético geral. Disrupções menores na linha produção.	Não comprometem os resultados
5	Menor a Moderada	Ligeira deterioração no desempenho, apenas numa função não crítica, com leve descontentamento do <i>cliente</i> . O produto requer escolha e pode ser retrabalho a 100%. Disrupções na linha de produção.	Comprometimento de resultados e demora na preparação do ensaio
6	Moderada	Deterioração significativa do desempenho, numa ou mais funções não críticas, com descontentamento do <i>cliente</i> . Pode ocorrer retrabalho em 100% do produto. Parte do produto (<100%) pode ser rejeitado. Disrupções na linha de produção.	Espuma visivelmente não conforme e repetição do ensaio
7	Moderada a Alta	Deterioração significativa do desempenho com descontentamento do <i>cliente</i> . O produto tem de ser escolhido e parte (<100%) é rejeitado. Disrupções maiores na linha de produção.	Algum defeito visível ou possibilidade de deteção de alteração nas propriedades físicas
8	Alta	Sistema ou produto não funciona (perda da função primária) e grande descontentamento do <i>cliente</i> . O produto tem de ser reparado ou rejeitado. Disrupções maiores na linha de produção.	Espuma conforme e não possibilidade de deteção de alteração nas propriedades físicas
9	Muito Alta	A falha afeta a segurança dos operários ou utilizadores e pode danificar equipamentos. Recolha de produtos. A falha ocorre com aviso prévio. Paragem de produção.	A falha afeta a segurança dos operários ou utilizadores e pode danificar equipamentos.
10	Extrema	Idem anterior, afeta a segurança de pessoas ou equipamentos sem aviso prévio. Responsabilidade civil e criminal.	Idem anterior, afeta a segurança de pessoas ou equipamentos sem aviso prévio. Responsabilidade civil e criminal.

**ANEXO 08 - Tabela de índices de ocorrência**

Índice	Ocorrência da falha	Taxas possíveis de falha	DPMO*	Sigma	Cpk (para processos)	Tempo para 1 falha a 1 un/dia 365 dias
1	Remota. Processo capaz, centrado e com desenho excelente de margens.	≤1 : 340.000	3	≥6,00	≥1,50	932 anos
2	Muito Pequena. Processo capaz e bem centrado. Saídas ocasionais dos limites.	1 : 31.250	32	≥5,50	≥1,33	86 anos
3	Pequena. Defeitos relacionados com variação corrente.	1 : 4.250	235	≥5,00	≥1,23	12 anos
4	Moderada. Processo em geral capaz, mas não centrado. Falhas ocorrem esporadicamente, coexistindo variações regulares e desvios não corrigidos.	1 : 740	1.350	≥4,50	≥1,07	2 anos
5		1 : 161	6.200	≥4,00	≥0,91	5 meses
6		1 : 44	23.000	≥3,50	≥0,76	1 mês
7	Alta. Processo descontrolado e em geral não capaz. As falhas são frequentes.	1 : 15	67.000	≥3,00	≥0,61	2 sem.
8		1 : 06	158.000	≥2,50	≥0,47	1 sem.
9	Muito alta. Processo fora de controlo e não capaz.	1 : 03	310.000	≥2,00	≥0,34	3 dias
10	Inevitável. Processo fora de controlo e não capaz.	≥1 : 2	500.000	<2,00	<0,34	2 dias

\* DPMO – Defects Per Million Operation (ppm)

## ANEXO 09 - Tabela de índices de deteção com aplicação ao IDi

Índice	Deteção	Critérios	Taxa deteção	Aplicação a IDi
1	Segura	Controlos existentes detetam as falhas. Bom programa de SPC com dados que suportam os resultados.	>99,5%	Deteção automática ou sistema anti erro ( <i>poka-yoke</i> )
2	Muito Alta	Os controlos de processo são altamente capazes de detetar falhas. Existe programa de SPC com bons resultados ou as falhas são extremamente óbvias.	>95%	Deteção automática ou alertas ( <i>jidoka</i> )
3	Alta	Controlos de processos capazes de detetar as falhas. Processos com boa capacidade de deteção de falhas e boa fiabilidade.	>90%	Deteção visual/sonora com muito alta probabilidade de deteção
4	Grande	Controlos de processo capazes mas com possibilidade de erros humanos.	>80%	Deteção visual/sonora com grande probabilidade de deteção
5	Moderada	Os controlos de processo detetam as falhas. Há possibilidade significativa de erro humano.	>70%	Deteção visual/sonora antes do ensaio de espuma realizado
6	Baixa	Fraca possibilidade que os processos correntes detetem a falha.	>60%	Deteção visual/sonora durante o processo
7	Muito baixa	Baixa probabilidade que os processos correntes detetem a falha.	>50%	Deteção visual com ensaio de espuma já realizado
8	Remota	A deteção da falha é extremamente baixa.	>40%	Deteção nas propriedades físicas
9	Muito remota	Certamente não será detetado.	>30%	Não deteção nas propriedades físicas
10	Quase Impossível	Capacidade de deteção desconhecida, como se não houvesse deteção.	≤30%	Sem possibilidade de deteção

## ANEXO 10 - Tabela de índices de exequibilidade

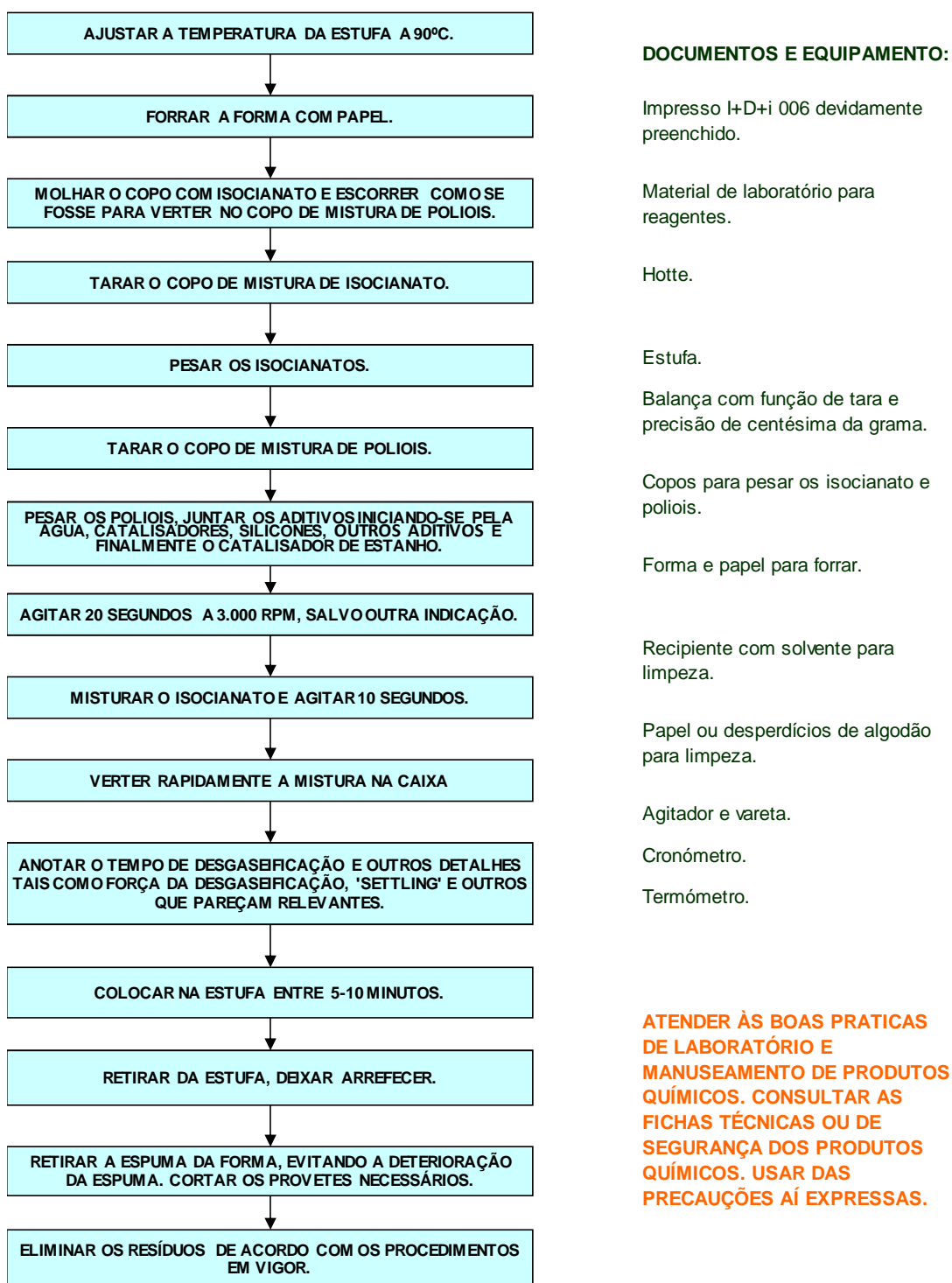
### Índice F Critério de exequibilidade de implementação das ações de melhoria

1	Recursos plenamente disponíveis, custo ou consumo de tempo irrelevantes, quase 100% de sucesso e improváveis efeitos indesejáveis.
2	Recursos muito abundantes, muito baixo custo ou consumo de tempo, muito alta probabilidade de sucesso e muito baixa probabilidade de efeitos indesejáveis.
3	Recursos abundantes, baixo custo ou consumo de tempo, alta probabilidade de sucesso e baixa probabilidade de efeitos indesejáveis.
4	Moderada disponibilidade dos recursos necessários, custo, consumo de tempo, probabilidade de sucesso e probabilidade de efeitos indesejáveis
5	Fraca disponibilidade de recursos necessários e/ou custos altos e/ou consumo de tempo, e/ou fraca possibilidade de sucesso e/ou forte probabilidade de impacto indesejável.
6	Baixa disponibilidade de recursos necessários e/ou: custos elevados, consumo de tempo, baixa possibilidade de sucesso, alta probabilidade de impacto indesejável.
7	Muito baixa disponibilidade de recursos necessários e/ou: custos elevados, consumo de tempo, muito baixa possibilidade de sucesso, muito alta probabilidade de impacto indesejável.
8	Remota disponibilidade de recursos necessários e/ou: custos muito elevados, consumo de tempo, remota possibilidade de sucesso, elevada probabilidade de impacto indesejável.
9	Muito remota disponibilidade de recursos necessários e/ou: custos quase inaceitáveis, consumo de tempo, quase nula possibilidade de sucesso, quase máxima probabilidade de impacto indesejável.
10	Problemas de segurança ou não cumprimento de legislação e/ou: recursos necessários indisponíveis, inaceitáveis custos, consumo de tempo, nula probabilidade de sucesso, certa probabilidade de impacto indesejável.

## ANEXO 11 – Procedimento de ensaios laboratoriais de espuma de poliéter

### Realização de ensaios manuais de espuma Poliéter

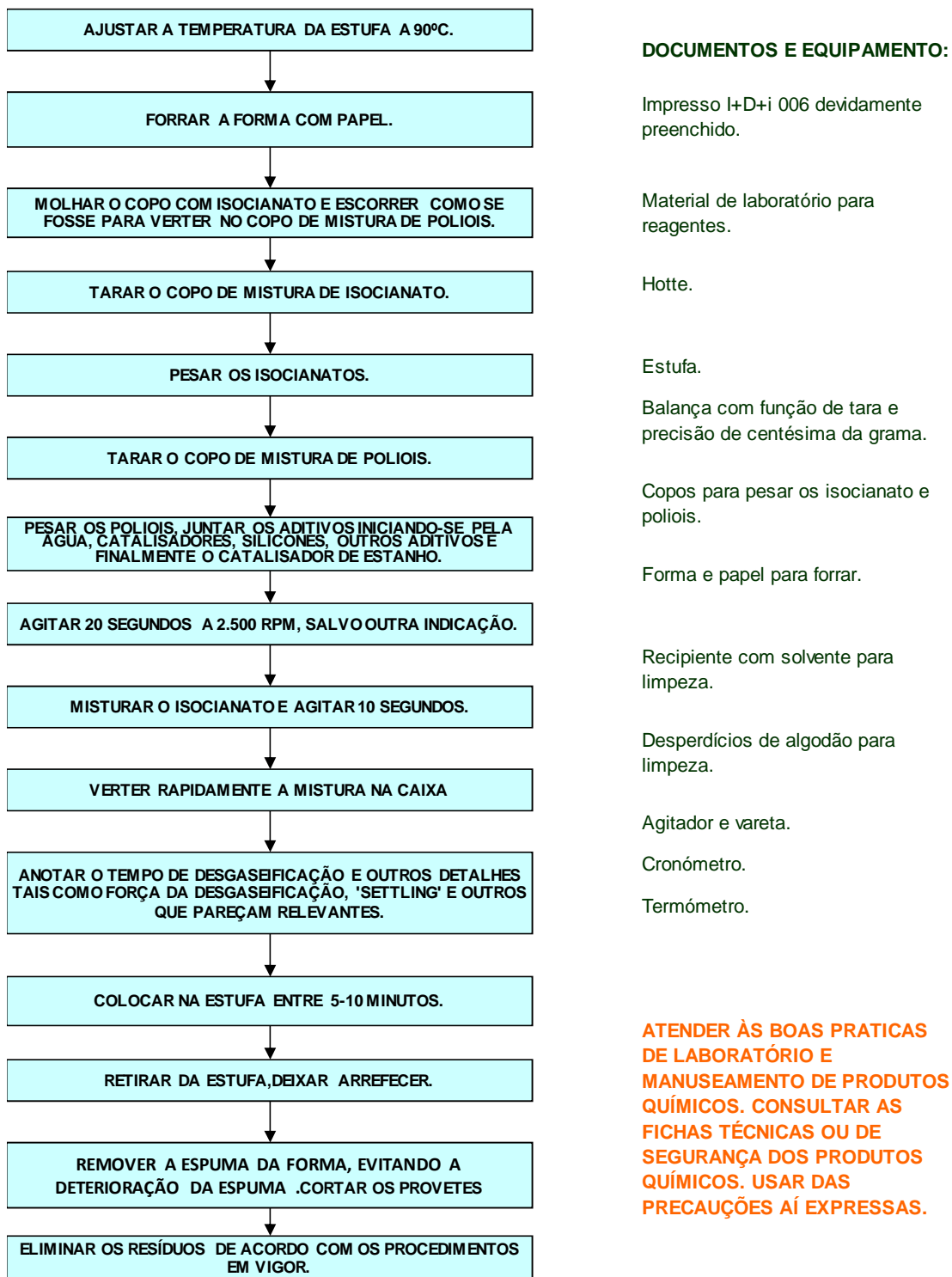
Esta instrução de trabalho serve para definir o modo de proceder dos colaboradores na realização de ensaios manuais de espuma.



## ANEXO 12 – Procedimento de ensaios laboratoriais de espuma de poliéster

### Realização de ensaios manuais de espuma Poliester

Esta instrução de trabalho serve para definir o modo de proceder dos colaboradores na realização de ensaios manuais de espuma.



**ANEXO 13 – Situação da *hotte* e reagentes antes das ações de melhoria**



**ANEXO 14 – Situação da *hotte* e reagentes após ações de melhoria**





## ANEXO 15 – Mapa de preparação de ensaios

Mapa de ensaios de IDi que serviu para validar a utilização de balança com precisão de 1mg, com a ventilação da *hotte* ligada.

ENSAIOS LABORATORIAIS				Referência do Projecto: Balanças							
Data	LOTE			02-05-2013							
Projecto e N.º Ensaio				#25		1ª Pesagem		2ª Pesagem		3ª Pesagem	
POLIOIS	T(°C)	NºOH	%H <sub>2</sub> O	Fórmula	A Pesar	Valor	Erro (%)	Valor	Erro (%)	Valor	Erro (%)
POLIOL		48,0	0,03	93,00	186,00	186,00	0,00%	186,00	0,00%	186,00	0,00%
<b>ISOCIANATOS</b>					<b>113,1</b>						
TDI 1		48,3%		80,00%	90,463	90,504	0,05%	90,501	0,04%	90,501	0,04%
TDI 2		48,3%		20,00%	22,616	22,604	0,02%	22,601	0,00%	22,601	0,00%
<b>ACTIVADOR</b>					<b>6,12</b>						
Água total				4,350	12,24						
ÁGUA				4,32	8,641	8,644	0,03%	8,642	0,01%	8,64	0,00%
AMINA A				0,150	0,300	0,300	0,00%	0,301	0,33%	0,300	0,00%
AMINA B				0,050	0,100	0,100	0,00%	0,101	1,00%	0,100	0,00%
SILICONE				1,400	2,800	2,802	0,07%	2,803	0,11%	2,802	0,07%
OCT. ESTANHO				0,150	0,300	0,301	0,33%	0,301	0,33%	0,300	0,00%
AMARELO				0,05	0,100	0,103	3,00%	0,102	2,00%	0,101	1,00%
ESTABILIZADOR		296	0,02	7,00	14,000	14,001	0,01%	14,003	0,02%	14,001	0,01%
<b>Índice TDI / Factor</b>				<b>108,4%</b>	<b>2</b>	<b>Notas:</b>					
<b>Tempo de desgaseificação</b>				n.º 1 (")	01:13	<b>Objetivo:</b> Avaliação da balança laboratorial com escala mínimo de 1mg para realização de ensaios nas condições de ventilação da <i>hotte</i> , na posição 1. <b>Método:</b> Pesagem das quantidades requeridas, com o cuidado de conseguir obter exatamente o peso requerido. Uma vez realizada a pesagem o operador afasta-se do local e é registado o novo peso indicado na balança. Cálculo da percentagem de desvio entre o valor pesado com o operador diante da balança e após o afastamento. <b>Avaliação de resultados:</b> O desvio apresentado por diferentes condições de ventilação, com ou sem operador diante da balança, apenas se considera significativo quando acima de 1%. <b>Conclusão:</b> A implementação de um resguardo na parte anterior e lateral da balança pode minimizar as variações da mesma por efeito da ventilação da <i>hotte</i> permitindo o uso de balança com mínimo de 1mg na realização de ensaios laboratoriais de espuma.					
				n.º 2 (")	01:10						
				n.º 3 (")	01:11						
<b>Aspecto</b>				n.º 1	Desg 2pts						
				n.º 2	Desg 2pts						
				n.º 3							
<b>Operador</b>				MB							
<b>Nº Hotte</b>				1							
<b>Temperatura ambiente (°C)</b>				21,8							
<b>Humidade ambiente (%)</b>				44,3							
<b>Pressão ambiente (hPa)</b>				994,1							
<b>Observações</b>											