FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E GESTÃO INDUSTRIAL

CIN - CORPORAÇÃO INDUSTRIAL DO NORTE, S.A.
Estrada Nacional 13 (Km 6) - Maia

CIN

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

LICENCIATURA EM GESTÃO E ENGENHARIA INDUSTRIAL

Controlo do Processo Produtivo das Tintas em pó

Pedro Miranda Guedes

Orientadores

Prof. Doutor Jorge Freire de Sousa
Eng.º Nelson Oliveira

Setembro de 1997

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
Biblioteca
Nº
CDU
Data 29.07.2003

ÍNDICE

- Resumo ..... **iv**
- Agradecimentos ..... **v**

- Objectivos **1**
- Introdução **2**

1 - Apresentação do local de trabalho **3**
1.1 - CIN - Corporação Industrial do Norte 3
1.1.1 - Síntese histórica 3
1.1.2 - Presente 3
1.1.3 - Organigrama Geral 5
1.1.4 - Organigrama da Direcção de Operações 5
1.2 - Grupo CIN 6
1.2.1 - Produtos e mercados 7
1.2.2 - Actividades 7
1.2.3 - Efectivos 8
1.2.4 - Estrutura financeira 9

2 - Tintas em pó **10**
2.1 - Introdução 10
2.2 - Evolução das tintas em pó 11
2.3 - Composição das tintas em pó 14
2.3.1 - Resinas 14
2.3.2 - Endurecedores 14
2.3.3 - Cargas 15
2.3.4 - Pigmentos 15
2.3.5 - Aditivos 15
2.4 - Vantagens na utilização das tintas em pó 16
2.5 - Desvantagens na utilização das tintas em pó 19
2.6 - Aplicação das tintas em pó 26
2.6.1 - Higiene e segurança 26
2.6.2 - Tratamento da superfície 27
2.6.3 - Processos de aplicação 27
2.6.3.1 - Leito fluidizado 27
2.6.3.2 - Leito fluidizado electrostático 27
2.6.3.3 - Pistola electrostática 29
2.6.3.4 - Pistola triboeléctrica 30
2.6.4 - Fenómenos que podem ocorrer durante a aplicação 30
2.7 - Medida da calorimetria do pó 34
2.8 - Codificação das tintas em pó 35
2.9 - Processo de fabrico 36
2.9.1 - Etapas do processo produtivo 39
2.9.1.1 - Pesagem 39
2.9.1.2 - Pré-mistura 39

2.9.1.3 - Extrusão 40
2.9.1.4 - Micronização 42
2.9.1.5 - Enchimento 44
2.9.2 - Unidades de aquecimento/arrefecimento 44
2.9.3 - Interface entre o fabrico e o laboratório de inspecção final 46
2.9.4 - Factores de controle em cada uma das etapas 46

3 - Desenho de Experiências 49
3.1 - Introdução 49
3.2 - Melhoria da capacidade do processo 52
3.3 - Análise ABC 52
3.4 - Desenho de experiências 53
3.4.1 - Sumário 53
3.4.2 - Introdução 53
3.4.3 - Terminologia 54
3.4.4 - Experiências - variando um de cada vez *versus* variando todos ao mesmo tempo 55
3.4.5 - O factorial completo a dois níveis 56
3.4.6 - Análise das médias no factorial completo 57
3.4.6.1 - Efeitos principais 57
3.4.6.2 - Interacções 58
3.4.7 - Redução do número de experiências 59
3.4.8 - Factorial fraccionado 60
3.4.9 - Gráficos lineares 61
3.4.10 - Graus de liberdade de uma matriz 62
3.4.11 - Factores com mais do que dois níveis 62
3.4.12 - O problema do confundimento das interacções com os efeitos principais 63
3.4.13 - Diferenças entre laboratório e produção real 63
3.4.14 - Passos a seguir num desenho de experiências 64
3.5 - Aplicação prática 67
3.5.1 - Desenho de experiências L_9 67
3.5.2 - Desenho de experiências L_{27} 75
3.5.3 - Conclusões 109

4 - Análise Modal de Falhas e Efeitos 110
4.1 - Introdução 110
4.2 - Análise modal de falhas e efeitos - AMFE 111
4.2.1 - Introdução 111
4.2.2 - Terminologia 112
4.2.3 - Fases do AMFE 112
4.2.4 - Folha de registo do AMFE 116
4.3 - Aplicação prática 120
4.3.1 - AMFE ao processo de fabrico 120
4.3.1.1 - Modo de aplicação 120
4.3.1.2 - Conclusões 122
4.3.2 - AMFE de concepção de produto 123

4.3.2.1 - Introdução 123
4.3.2.2 - Modo de aplicação 123
4.3.2.3 - Conclusões 123

5 - Base de dados - Megadur 124
5.1 - Introdução 124
5.2 - Manual de utilização 125
5.2.1 - Menu principal 125
5.2.2 - Introdução de dados 126
5.2.2.1 - Condições de funcionamento padrão 126
5.2.2.2 - Desvios no funcionamento 128
5.2.3 - Visualização de dados 129
5.2.3.1 - Condições de funcionamento padrão 129
5.2.3.2 - Desvios no funcionamento 129
5.3 - Conclusões 131

6 - Conclusões finais 132

- Referências 133

- Anexos 134

Resumo

O trabalho apresentado neste relatório teve duas fases distintas.
Na primeira fase o objectivo era apenas a constatação e análise da realidade da fábrica, englobando processos de fabrico, métodos de trabalho, produtos e equipamentos.
A segunda fase pode, por sua vez, ser subdividida em três partes.
Na primeira, com base nos conhecimentos adquiridos, actuou-se sobre o processo de fabrico de forma a entendê-lo melhor e a torná-lo mais robusto. Aplicou-se um desenho de experiências ao equipamento de micronização, recorrendo aos métodos de Taguchi que permitiram uma redução significativa do número de experiências necessárias.
A segunda parte centrou-se no processo de extrusão. Aqui foi realizada uma Análise Modal de Falhas e Efeitos - AMFE - que posteriormente se alargou a todas as etapas do processo de fabrico. De seguida, foi ainda realizado uma AMFE de concepção a um produto sujeito a algumas reclamações.
Na terceira e última parte, desenvolveu-se uma base de dados destinada ao armazenamento das condições de funcionamento consideradas ideais, dos desvios de produção relevantes e das condições de funcionamento de todos os não conformes.

Agradecimentos

Muitas contribuições foram dadas para a realização deste trabalho, tanto a nível profissional, como pessoal. Não podia assim deixar de mostrar o meu profundo reconhecimento a todas as pessoas, que directamente ou indirectamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao apoio e disponibilidade mostradas pelo Eng.º Nelson Oliveira, Director Técnico das tintas em pó e pelo Professor Doutor Jorge Freire de Sousa, Docente do GEIN, o autor expressa o Sincero Agradecimento.

No decorrer do estágio outras pessoas prestaram o seu contributo, nomeadamente a responsável pelo laboratório de inspecção final, Dr.ª Salomé e todas as pessoas envolvidas na produção das tintas em pó.

Também ao Conselho de Administração do Grupo CIN e ao Director Geral da CIN expressa o autor o seu agradecimento.

Objectivos

O objectivo central deste estágio, definido inicialmente, envolvia a criação de mecanismos para um eficaz controlo do processo produtivo das tintas em pó - CIN, Maia - de forma a permitir a condução do equipamento de produção de uma forma estável, minimizando a produção de não conformes. Tal implicava a definição das condições de operação que conduzem o equipamento a um funcionamento estacionário, o correlacionamento das anomalias com procedimentos de operação deficientes e o correlacionamento da produção de não conformes com eventuais desvios das condições de operação.

Foi com este propósito que o estágio nasceu, tendo-se definido, com o decorrer do tempo, o rumo a seguir para atingir tais objectivos.

No entanto, é necessário não esquecer que um estágio curricular engloba sempre duas vertentes. Por um lado, a realização de um determinado trabalho para uma empresa, por outro, um primeiro contacto dos alunos de uma licenciatura com o meio industrial, substancialmente diferente do meio académico em que estão acostumados a viver.

Consequentemente, o relatório que a seguir se apresenta pretende fazer uma descrição não só do trabalho desenvolvido, mas também das sensações e dificuldades sentidas ao longo do tempo.

Introdução

É compreensivel que a detecção dos defeitos de fabrico deva ser feita o mais a montante possível e não, após terem sido percorridas todas as etapas do processo produtivo. De facto, quanto mais cedo forem detectados os defeitos menores serão os respectivos custos de produção, que se tornaram ainda mais importantes nos dias de hoje com a abertura dos mercados e a consequente concorrência estrangeira. A ideia central é a de que podem ser tomadas medidas mais cedo para corrigir desvios relativamente ao funcionamento desejavel, diminuindo, desse modo, a produção de não conformes. Para que tal aconteça, é necessário não só um conhecimento profundo de todo o processo, mas também possuir a capacidade de correlacionar cada tipo de defeito com determinadas condições de funcionamento do processo produtivo. É importante ter-se uma noção exacta de quais as condições ideais de funcionamento, assim como dos limites admissíveis para cada um dos parâmetros envolvidos no fabrico, permitindo, deste modo, através da visualização e do controle "on line" de todo o processo, aperceber-se do momento exacto da ocorrência de um desvio significativo para, de imediato, tomar as medidas necessárias.

Com o decorrer do tempo, possuindo um registo bem estruturado das condições de funcionamento de todos os não conformes e com um crescente ganho de experiência, será possível correlacionar cada não conformidade com desvios num ou vários factores de controle. Sabendo qual o efeito de cada factor envolvido no processo de fabrico sobre as características do produto final, será possível distribuir de uma forma mais eficiente os esforços no sentido de melhorar as características do produto final ou de minimizar a possibilidade de ocorrência de não conformes.

CAPÍTULO 1

Apresentação do local de trabalho

1.1 - CIN - Corporação Industrial do Norte

1.1.1 - Síntese História

Fundada em 1917, a Companhia Industrial do Norte transformou-se em 1926, com um capital de 7,000$00, na CIN - Corporação Industrial do Norte, SA que detém hoje um capital social de 3,5 milhões de contos. Tem a sua sede na Maia, ocupando as suas instalações uma área total e coberta de 66 000 m^2 e 50 000 m^2 respectivamente.
A passagem de sociedade por quotas a sociedade anónima, em 1985, e a posterior abertura do seu capital ao público, em Julho de 1988, transformaram a CIN na única empresa do sector com as suas acções cotadas na Bolsas de Valores Portuguesa.
Os longos anos até aqui percorridos conheceram diversas etapas fundamentais, às quais esteve sempre ligado o nome de António Luís Martins Serrenho, actual Presidente do Conselho de Administração.

1.1.2 - Presente

Com uma capacidade de cerca de 30,000 ton/ano, a CIN fabrica uma vasta gama de tintas, vernizes e produtos afins para os mais diversos campos de aplicação - Construção Civil, Acabamentos Industriais, Protecção Anticorrosiva, Metalomecânica Pesada e Reparação Automóvel. Possui uma rede de distribuição constituída por 50 estabelecimentos de venda própria e 1200 Agentes e Revendedores. Tem associados em Pontevedra e em Bissau, que promovem a distribuição dos seus produtos no Norte de Espanha e na Guiné-Bissau. Participa, ainda, no capital de três unidades fabris, às quais presta assistência técnica e "Know how": Tintas CIN (Açores), Lda., Tintas CIN de Angola, SARL e Tintas CIN de Moçambique, SARL. Tem também um acordo de cedência de tecnologia com a "SITA - Sociedade Industrial de Tintas, SARL" de Cabo Verde. Tem agentes comerciais em Hong-Kong, Macau, Luxemburgo, Suíça, Líbano e Koweit.
A CIN tem várias ligações a nível internacional, traduzidas em licenças de fabrico e comercialização: The Valspar Corporation (EUA) - Tintas para Protecção Anticorrosiva e de Manutenção Industrial; Vernicolor AG (Suíça) - Tintas e Vernizes para Embalagens Metálicas; ICP AB (Suécia) - Massas de Estucar Alteck; RM - Tintas para a Indústria e Reparação Automóvel; Poudroc Coatings (França) - Tintas em pó.
Utilizando uma tecnologia avançada, em constante actualização, a CIN fabrica produtos de alta qualidade que lhe permitem concorrer, no estrangeiro, com grandes empresas de todo o mundo. Assim, a CIN atingiu em 1993 um volume de exportações de cerca de 441,000 contos em mercados dos quais destacamos especialmente o Médio Oriente e os países de expressão portuguesa.

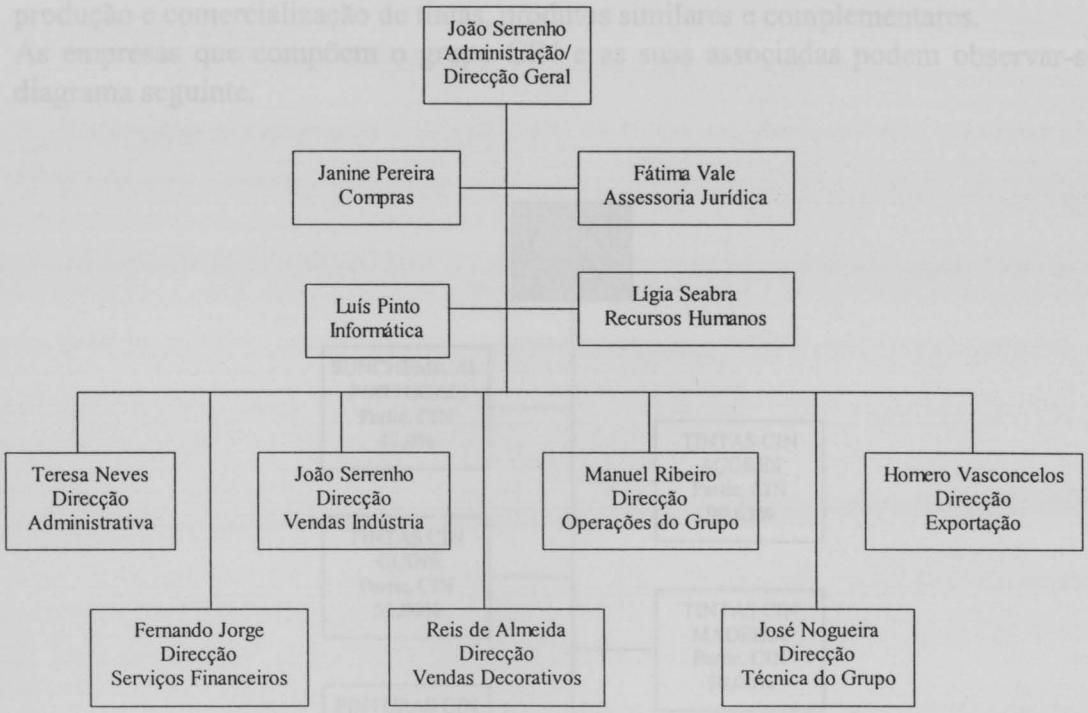
A CIN é fundador e único membro português do "NOVA PAINT CLUB" - Associação Mundial de Fabricantes de Tintas, que agrupa 8 dos maiores produtores mundiais (não multinacionais) do sector. Essas empresas são: CIN - Portugal; JENSON & NICHOLSON - Índia; TAMBOUR - Israel; CARR PAINTS - Inglaterra; SICO - Canadá; PRATT & LAMBERT - Estados Unidos da América; NAN PAO - Formosa, R.O.C. e MDER - Suíça.

O NOVA PAINT CLUB, fundado em 1983, tem como objectivo a troca de informações e experiências profissionais entre os seus membros, nomeadamente no que diz respeito à investigação e desenvolvimento, comercialização e transferências de tecnologia no segmento de mercado de produtos para a Indústria.

A CIN é também membro do COATINGS RESEARCH GROUP INC - (CRGI) - que agrupa empresas de diversos países: 29 americanas (23 dos Estados Unidos, 4 do Canadá, 1 do México e 1 das Bermudas), 2 australianas, 1 neo-zelandeza, 1 israelita e 1 europeia (de Portugal - a CIN).

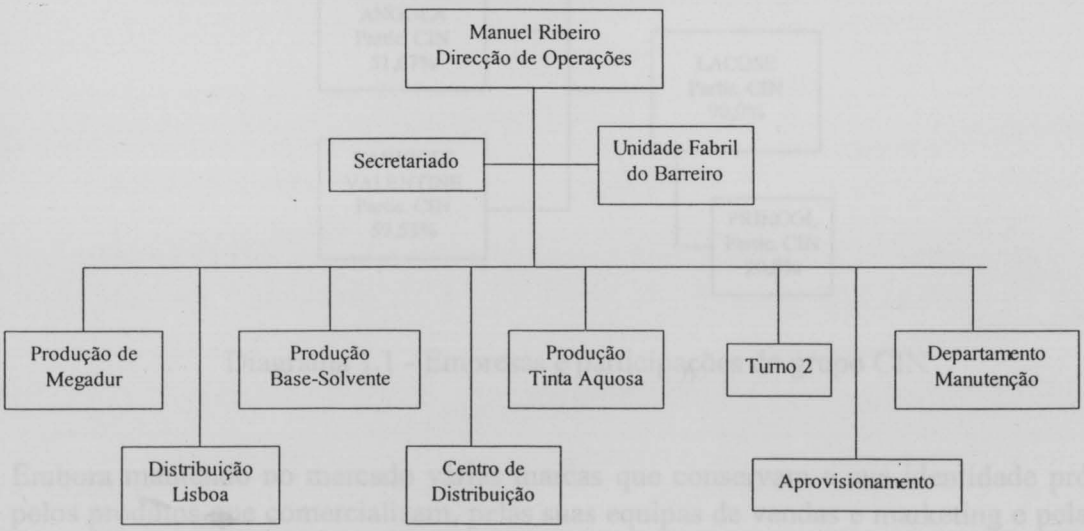
O CRGI foi constituído em 1956 e tem por objectivos a avaliação de novas matérias-primas, novos produtos e novas tecnologias, com troca de informação e experiências profissionais entre os seus membros, no segmento de mercado de produtos decorativos para a Construção Civil.

1.1.3 - Organigrama Geral



Organigrama 1.1

1.1.4 - Organigrama da Direcção de Operações



Organigrama 1.2

1.2 - Grupo CIN

O grupo CIN é constituído por empresas dedicadas unicamente ao desenvolvimento, produção e comercialização de tintas, produtos similares e complementares.
As empresas que compõem o grupo CIN e as suas associadas podem observar-se no diagrama seguinte.

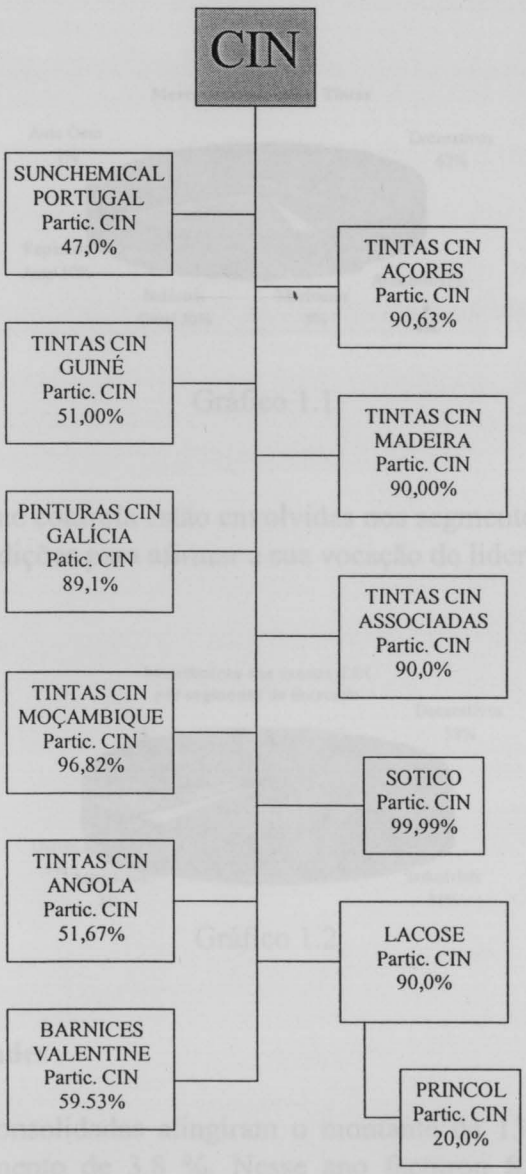


Diagrama 1.1 - Empresas e participações do grupo CIN

Embora mantendo no mercado várias marcas que conservam a sua identidade própria pelos produtos que comercializam, pelas suas equipas de vendas e marketing e pela sua distribuição, nas áreas internas - I&D, produção, finanças, informática, compras, etc. - a

CIN tem vindo a implementar um projecto de integração com vista à obtenção de reduções de custos e aumentos de eficácia.

1.2.1 - Produtos e Mercados

A distribuição por segmentos do mercado de tintas em Portugal está representada no Gráfico 1.1.

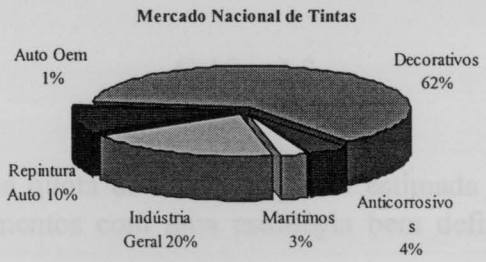


Gráfico 1.1

A CIN e as empresas que controla estão envolvidas nos segmentos mais representativos, os quais reúnem as condições para afirmar a sua vocação de liderança (Gráfico 1.2).



Gráfico 1.2

1.2.2 - Actividades

Em 1994 as vendas consolidadas atingiram o montante de 13,35 milhões de contos, traduzindo um crescimento de 3.8 %. Nesse ano facturou 8,67 milhões de contos, reflectindo um incremento das vendas de 7% (Gráfico 1.3).

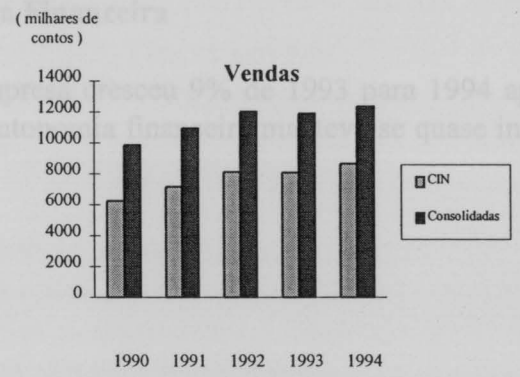


Gráfico 1.3

O grupo CIN detém uma quota de mercado global estimada em cerca de 26% e está presente em vários segmentos com uma estratégia bem definida a nível de clientes, mercados e concorrentes.
Os segmentos que não fazem parte das suas áreas estratégicas implicaram operações de desinvestimento (tintas marítimas) ou criação de *joint-ventures* (tintas de impressão).
A evolução nos vários segmentos foi diferenciada.

1.2.3 - Efectivos

A evolução dos recursos humanos na empresa CIN, desde 1991 até 1994, encontra-se representada no Gráfico 1.4. Ao contrário dos recursos humanos as vendas per capita têm crescido em igual período de tempo.

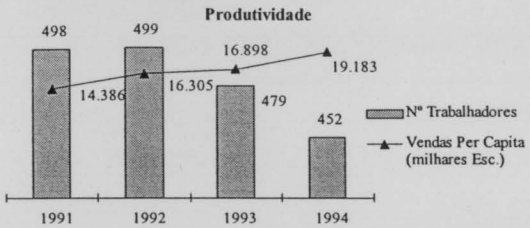


Gráfico 1.4

A produtividade, traduzida no volume de vendas por trabalhador, foi ,em 1994, de 19.193 contos, representando um crescimento de 13,5 % relativamente ao ano anterior.

1.2.4 - Estrutura Financeira

O activo líquido da empresa cresceu 9% de 1993 para 1994 apresentando o valor de 10,953,062 contos. A autonomia financeira manteve-se quase inalterada, 53% em 1994 contra 54% 1993.

CAPÍTULO 2

Tintas em pó

2.1 - Introdução

Actualmente, com o aumento do preço das matérias-primas, a par de uma concorrência cada vez mais feroz e uma maior preocupação e vigilância no que respeita às questões ambientais, não é de estranhar o aparecimento e desenvolvimento de novas técnicas que melhorem a eficiência global dos métodos de pintura.

Processos novos foram já introduzidos e concebidos à escala industrial, como por exemplo, pintura por electroforese, uso de primários aquosos, etc. O objectivo destes processos visa reduzir a dependência dos acabamentos de diluentes e solventes orgânicos, cujo preço é elevado e que no processo de secagem são perdidos para a atmosfera e, ao mesmo tempo, evitar a poluição do ambiente causada pela transferência para o ar do conteúdo volátil da tinta.

Foi no seguimento deste pensamento que apareceram na década de 50, nos Estados Unidos, as primeiras tintas em pó. O seu aparecimento e evolução estão intimamente ligados ao desenvolvimento e progresso dos métodos de aplicação.

Podemos ver de seguida, de uma forma resumida, a sua evolução até à década de 90:

1953	Dr. Erwin Gemmer desenvolveu a aplicação em leito fluidizado;
1955	Este método de aplicação foi introduzido nos Estados Unidos;
1962-1964	Aparecimento do processo de aplicação electrostático;
1950-1970	Foram avaliados e usados vários métodos de produção de tintas em pó. A extrusão foi o método escolhido;
1966-1970	Os mercados Europeu e Norte Americano de tintas em pó seguiram caminhos distintos. Enquanto que na Europa se aumentou o número de aplicações de pós termoendurecíveis com fins decorativos, na América do Norte usavam-se sobretudo para protecção, em aplicações com elevadas espessuras;
1966-1973	Começaram a comercializar-se os pós termoendurecíveis, nomeadamente epóxi, híbridos, poliuretano, poliéster/TGIC, etc;
Início dos anos 80	Deu-se um rápido crescimento na produção das tintas em pó. Começaram a ser usadas, pela primeira vez, no Japão;
Meados dos anos 80	Continuou o crescimento da produção de tintas em pó. Começaram a ser usadas nos países asiáticos;
1985-1993	Introdução de novos sistemas químicos. Início da comercialização de vários tipos de resinas acrílicas e novos endurecedores.

O sucesso das tintas em pó, desde o seu aparecimento na década 50, é inquestionável. Mais de 40 anos depois do seu aparecimento, tornaram-se um sucesso tanto técnico como comercial.
As tintas em pó podem ser descritas como tintas sólidas. São aplicadas normalmente através de pistolas especiais, que carregam electrostáticamente ou por fricção as partículas que se depositam na superfície de um objecto **ligado à terra** (com um potencial diferente). A carga permite que as partículas permaneçam aderentes ao substracto, fundam quando estufadas e polimerizem, dando origem a uma superfície com elevada resistência.

2.2 - Evolução das tintas em pó

As tintas em pó, nos dias de hoje, são reconhecidas não apenas como amigas da natureza, mas também como um produto que pode competir, em termos de preço, com grandes garantias de sucesso, contra as tintas líquidas de base solvente.
A par das questões ambientais e do preço, está o excelente acabamento a que este tipo de aplicação dá origem. Daí o enorme sucesso que obteve junto dos utilizadores industriais.
Como pode ser visto na tabela 2.1, a quota de mercado das tintas em pó, quando comparado com outros tipos de revestimentos, é pouco significativa.
No entanto, estando inserido num campo com bastante maturidade, como é o das tintas industriais, as tintas em pó estão entre as poucas que gozam de um considerável crescimento anual de volume consumido. De acordo com os dados disponíveis do mercado, o consumo anual das tintas em pó foi de 74.000 toneladas em 1980, de 142.000 em 1985 e de 250.000 em 1990 - Gráfico 2.1. A taxa de crescimento anual no período de 1980 -1985 foi de 11% na Europa, 12% no Estados Unidos, 25% no Oriente e 14% para o resto do mundo.
A taxa de crescimento total para este período de cinco anos foi de 14%.
Os números disponíveis para o período de 1985 - 1990 indicavam uma taxa de crescimento de 9.5% para a Europa, 15% para os Estados Unidos, 13.6% para o Oriente e 12% para o resto do mundo.

	1985	1990
Europa	3.7 %	5.3 %
USA	1.4 %	2.5 %
Resto do mundo	1.4 %	1.8 %

Tabela 2.1 - Quota de mercado das tintas em pó

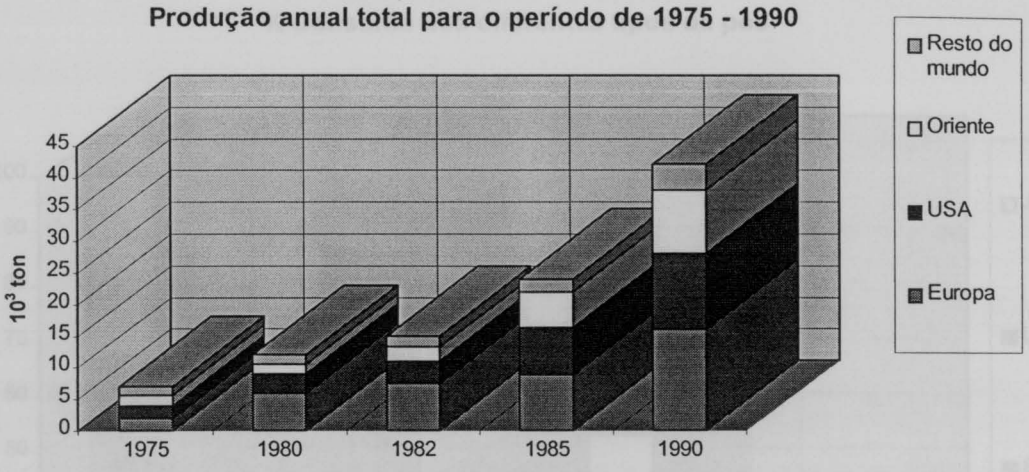


Gráfico 2.1

A Europa, onde foram inventadas as tintas em pó, continua a possuir a maior fatia do mercado. O gráfico seguinte dá uma indicação da produção e quotas de mercado das tintas em pó para diferentes zonas geográficas para o ano de 1988.

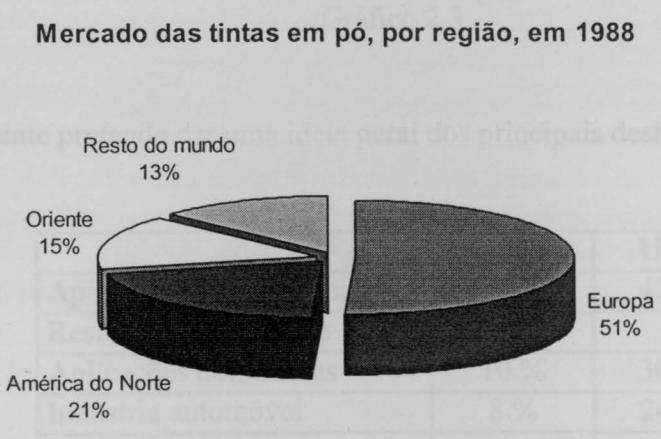


Gráfico 2.2

Os tipos de tintas em pó usados com mais frequência variam consideravelmente de região para região. Como podemos ver no gráfico seguinte, enquanto na Europa predominam os pós epóxi/poliéster, nos Estados Unidos e Japão predominam os epóxi.

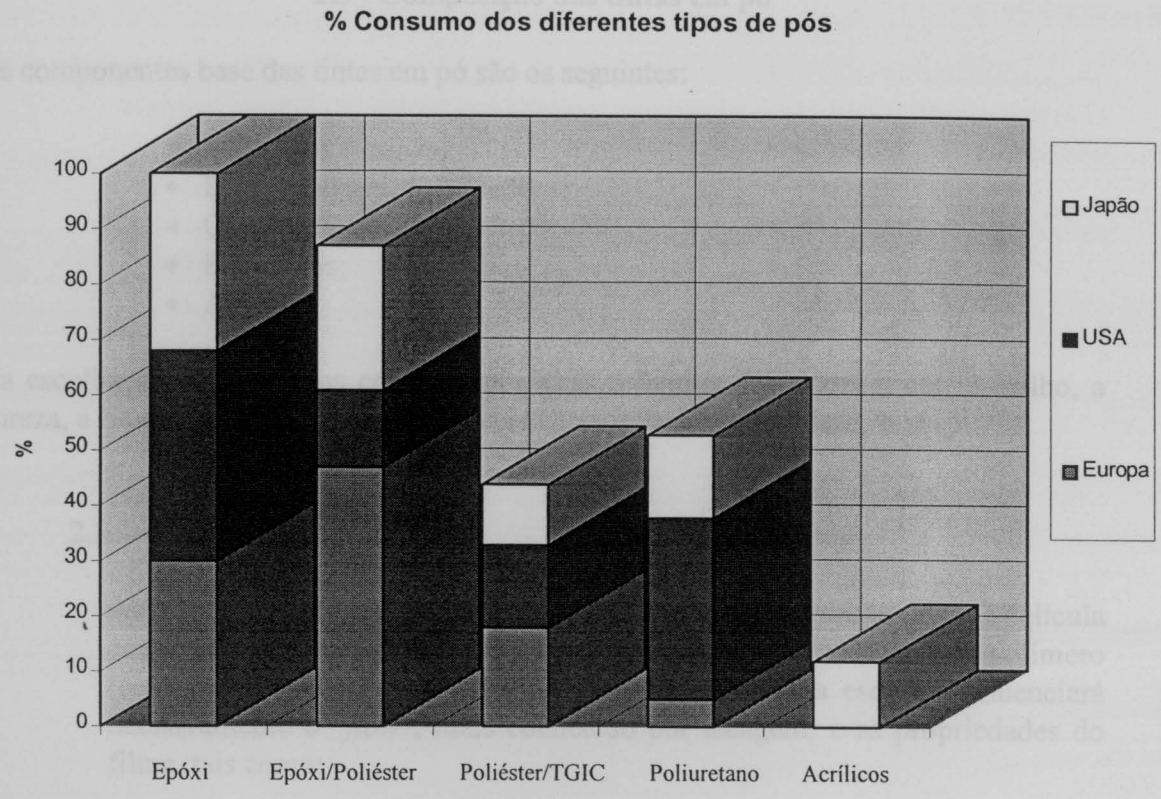


Gráfico 2.3

A tabela seguinte pretende dar uma ideia geral dos principais destinos das tintas em pó.

	Europa	USA
Aplicações em Engenharia	38 %	42 %
Resistência à corrosão	14 %	-
Aplicações domésticas	10 %	30 %
Indústria automóvel	8 %	24 %
Exteriores	13 %	4 %
Mobiliário metálico	12 %	-
Revestimento de canalizações	5 %	-

Tabela 2.2 - Destinos das tintas em pó

2.3 - Composição das tintas em pó

Os componentes base das tintas em pó são os seguintes:

- Polímeros (resinas);
- Endurecedores, catalisadores;
- Cargas;
- Pigmentos;
- Aditivos.

Da escolha de cada um dos componentes atrás referidos dependerá a cor, o brilho, a dureza, a flexibilidade, a aderência e a resistência química do produto final.

2.3.1 - Resinas

As resinas constituem o ligante que torna possível a formação de uma película contínua, sendo o veículo dos outros componentes. A selecção do polímero (resina sólida) é de capital importância visto que esta escolha influenciará decisivamente o "*flow*", mais conhecido por lacagem, e as propriedades do filme, tais como:

a) Aderência;
b) Brilho;
c) Resistência no exterior;
d) etc.

As resinas normalmente utilizadas são aquelas que possuem um ponto de amolecimento entre 70 e 110ºC. Resinas com pontos de amolecimento mais baixos têm baixa estabilidade em "stock" ("caking") e pouco poder de cobertura das arestas. Em contrapartida, resinas com pontos de amolecimento mais elevado têm melhor cobertura das arestas, mas pior aspecto; ou seja, o efeito conhecido vulgarmente como "Casca de Laranja".
A aplicação final e as condições de cura ditam o tipo de resina/endurecedor a seleccionar. O endurecedor não deverá reagir até uma temperatura de aproximadamente 100ºC e deverá reagir completamente abaixo dos 180ºC. A reacção não deverá ser demasiado rápida, de modo a permitir o estendimento do filme e por consequência obter um melhor "*flow*".

2.3.2 - Endurecedores

Os endurecedores são necessários para a reticulação das resinas de base e para a formação da rede tridimensional, característica dos pós termoendurecíveis.

2.3.3- Cargas

Uma das funções das cargas (também conhecidas por **substituintes de volume**) numa tinta em pó é embaratecer o produto. De facto, sendo materiais de baixo preço, a substituição das resinas por eles é vantajosa, desde que não prejudiquem significativamente as propriedades finais do produto.
As cargas regulam também a dureza do produto, assim como a sua resistência química.

2.3.4 - Pigmentos

Os pigmentos são rodutos finamente divididos que conferem cor, opacidade e resistência à corrosão. A investigação no campo dos pigmentos está bastante desenvolvida, nomeadamente os aspectos de segurança, por se suspeitar que determinados aditivos possuem propriedades cancerígenas. A qualidade dos pigmentos condiciona de forma significativa a estabilidade da cor em relação aos raios ultravioletas e ao calor.
Os pigmentos das tintas líquidas de base solvente podem ser usados nas tintas em pó desde que inertes quimicamente e resistentes ao calor.

2.3.5 - Aditivos

Aditivo é o nome dado a um largo grupo de diferentes materiais que são usados para acentuar as propriedades das tintas em pó, ou então, para produzir efeitos especiais.
Actuam normalmente como plastificantes, reguladores da tensão superficial, como agentes reológicos, estabilizadores de luz, etc. Permitem, assim, evitar o aparecimento de crateras e de "cabeças de alfinete".
Os cinco tipos de aditivos mais utilizados nas tintas em pó, nos dias de hoje, são:

i) Catalisadores;
ii) Desgasificantes;
iii) Agentes do *"flow"*;
iv) Agentes mateantes;
v) Agentes texturantes;

i) Catalisadores

São utilizados para aumentarem o nível de reacção da cura. Deste modo, podem ser empregues com o intuito de reduzirem o tempo de cura para uma dada temperatura ou, alternativamente, de permitirem que a cura se verifique a uma temperatura mais reduzida.

ii) Desgasificantes

São utilizados como agentes de "abertura" da superfície. Permitem que o pó desgasifique durante a cura, evitando, assim, que poros e filmes frágeis apareçam. É preciso não esquecer que quando em excesso provocam o amarelecimento da superfície.

iii) Agentes de "flow"

Os agentes de "*flow*" melhoram, tal como o nome indica, o "*flow*" da superfície e a sua aparência. Eles têm também um papel importante em evitar o aparecimento de crateras.
Os agentes de "*flow*" actuam como reguladores da tensão superficial durante o estado de amolecimento do pó, evitando, assim, a formação de crateras e de "cabeças de alfinete", e melhorando, ao mesmo tempo, a capacidade de cobertura da superfície.

iv) Agentes mateantes

São produtos desenhados para reduzir o brilho do pó, sem interferirem na estequiometria da reacção química.

v) Agentes texturantes

São aditivos inertes, tais como o polipropileno e o nylon que, sem afectarem de uma forma significativa a cor ou as propriedades físicas do pó, permitem a obtenção de acabamentos texturados.

2.4 - Vantagens na utilização das tintas em pó

O aumento significativo no consumo de tintas em pó a nível mundial está associado à necessidade de reduzir a poluição ambiental originada pela utilização das tintas líquidas de base solvente, combinado com um crescente aumento das matérias-primas básicas (particularmente as derivadas do petróleo) e do custo da mão-de-obra.
Vamo-nos referir, de seguida, a algumas das vantagens mais óbvias deste tipo de tintas:

i) Prontas a usar

São fornecidas em caixas de cartão, dentro de sacos de plástico, e prontas a serem utilizadas, não havendo, portanto, necessidade de agitação ou ajuste de viscosidade. Com isto poupa-se tempo e mão-de-obra, e eliminam-se variáveis, minimizando-se as hipóteses de erro humano.

ii) Acabamentos variados

É possível produzir os mais variados acabamentos desde o liso aos martelados, passando pelos granulados. Brilhos entre 10% e 95% são também possíveis em praticamente todos os tipos de pó.

iii) Aplicação directa ao substracto

Não há necessidade de aplicação de um primário, visto que se consegue uma óptima aderência da tinta em pó ao substracto, desde que devidamente **desengordurado** fisica ou quimicamente.

iv) Económicas

A aplicação das tintas em pó envolve um processo pouco dispendioso, quando comparado com o das tintas líquidas. Apesar de o custo do material e equipamento ser semelhante, no caso das tintas em pó as economias em energia, produção, mão-de-obra e eliminação de desperdícios são significativas.

a) A economia de energia pode atingir valores entre os 18% e os 32%. Tal deve-se, sobretudo, à ausência de solventes, reduzindo-se o consumo de energia na evaporação e na ventilação das estufas de secagem;
b) Maior capacidade de produção;
c) Redução da mão-de-obra, devido ao maior automatismo e ao facto de o acabamento levar apenas uma demão sem necessitar de primário;
d) Possibilidade de recuperação do pó, podendo-se atingir uma eficiência global de 95% - ver figura 2.1;
e) Economia na embalagem.

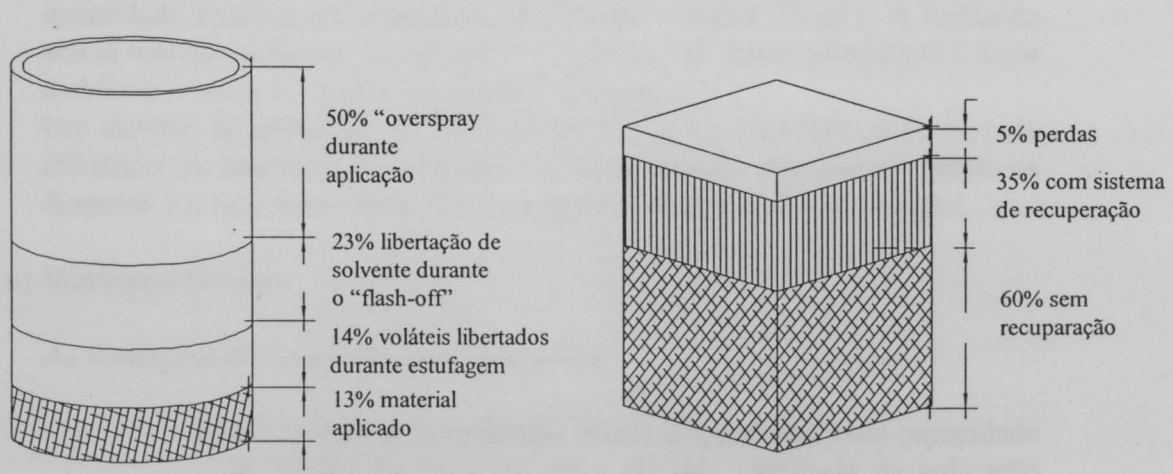


Figura 2.1 - Aplicação de tinta líquida e de tinta em pó

v) Risco de incêndio

Visto que as tintas em pó são um produto isento de qualquer solvente, há uma redução significativa no risco de incêndio.

vi) Ausência de solventes

Como foi referido no ponto anterior não há solventes na composição de uma tinta em pó. Assim, não há nenhuma percentagem de solvente libertado para a atmosfera durante a aplicação e estufagem. O impacto ambiental é, então, praticamente nulo.

vii) Necessidades energéticas

Como não há evaporação de solventes não há necessidade de fazer a sua exaustão. Como tal, o calor pode ser armazenado na estufa não se dissipando com facilidade.

viii) Tratamento de efluentes

Não há necessidade de tratamento de efluentes na aplicação de pó, pois é feita unicamente uma recolha de pó que sai do sistema através de mangas filtrantes. Contrariamente, na aplicação de tintas líquidas, feita em cabines com cortina de água, é necessário recolher esta mesma água em bacias e clarificá-la antes de a enviar para o dreno.

ix) Poluição atmosférica

Mais do que qualquer outro factor os aspectos ecológicos têm sido os principais responsáveis pelo rápido crescimento das tintas em pó. O facto de serem sólidas reduz significativamente a poluição atmosférica, pois têm uma quantidade mínima de **compostos orgânicos voláteis** (VOC). A indústria actual tem que optar por tecnologias mais limpas de forma a proteger o meio ambiente e assim cumprir a legislação anti-poluição.
Um sistema de aplicação de tintas em pó incorpora dispositivos de elevada eficiência de extracção que impedem a contaminação atmosférica, sendo os desperdícios facilmente eliminados em aterros, dispensando incineração.

x) Vantagens técnicas

As vantagens técnicas mais importantes são:

a) Equipamento de aplicação pouco dispendioso, com capacidade de rápida mudança de cor e elevada eficiência na aplicação com possibilidade de recuperação do pó;
b) Elevado automatismo nas instalações;
c) Acabamento numa só camada, com elevada qualidade, propriedades mecânicas e aspecto superficial;

d) Produto sólido sem necessidade de diluição ou ajuste de viscosidade.

xi) Diversos

Como as tintas em pó são aplicadas numa só camada, não necessitando de primário nem de zonas de "flash-off", há um ganho significativo em produtividade, visto que depois de aplicadas o objecto poderá entrar directamente na estufa.
Poderão ser corrigidos defeitos antes da estufagem, pouco frequente na prática.

2.5 - Desvantagens na utilização das tintas em pó

Embora as páginas anteriores tenham falado unicamente nas vantagens das tintas em pó seria de alguma forma injusto e tendencioso não referir as deficiências desta tecnologia. Basicamente podemos destacar 8 desvantagens:

i) Contaminação

Sendo as tintas em pó constituídas por partículas discretas, na ordem dos 40 microns, se houver alguma contaminação por pequena que seja, ela manifesta-se imediatamente, ou pela presença de partículas de cor diferente ou pelo aparecimento de pequenas crateras (incompatibilidade de resinas).

ii) Mudança de cor

Pelo que atrás foi dito, é necessário uma limpeza profunda e cuidada de todo o sistema de fabricação e aplicação (pistolas, ciclones, filtros, cabines, etc.) quando se muda de cor, de forma a minimizar os riscos de contaminação.

iii) Impossibilidade de afinação "in plant"

Sendo compostas por partículas discretas, a mistura de dois pós de cores diferentes resulta no mínimo numa superfície em que se pode distinguir uma fase contínua (cor com maior percentagem) e uma fase discreta (cor ou cores em menor percentagem), não sendo, portanto, possível afinações de cores por mistura de produtos diferentes.

iv) Mudança de produto

Embora não seja muito frequente, se um determinado aplicador misturar duas tintas em pó de fornecedores diferentes ou do mesmo fornecedor, mas com reactividades diferentes, aparecerão deficiências ao nível de perda de brilho e de *"flow"*.

v) Filmes com baixa espessura

Devido à natureza do produto e ao processo de aplicação, é praticamente impossível obter-se filmes consistentes com uma espessura inferior a 30 microns.

vi) Cura das tintas em pó

Os pós têm que ser curados a temperaturas elevadas (entre 160ºC e 200ºC), o que limita o tipo de substracto sobre o qual este poderá ser aplicado. A tendência actual é para desenvolver resinas que curem a temperaturas inferiores.

vii) Aplicação em peças complexas

A aplicação de suportes não metálicos ou de peças com formas complicadas pode ser um pouco mais difícil do que no caso das tintas líquidas, devido ao processo de aplicação por projecção electrostática.

viii) Retoques

Nas tintas em pó os retoques têm que ser feitos com tinta líquida.

Diferentes qualidades de tinta em pó

As tintas em pó podem ser divididas em dois grandes grupos:

- termoplásticas;
- termoendurecíveis.

As primeiras podem ser fundidas e solidificadas repetidas vezes sem perda significativa das suas propriedades, enquanto que as segundas, uma vez aquecidas, assumem forma permanente.

Nas termoplásticas, as resinas que as constituem são em geral compostos de elevado peso molecular e de cadeia predominantemente linear, que mudam de estado por acção do calor (ex.: polietileno, polipropileno, poliamidas, etc.). Como não se verifica qualquer reacção química o processo é reversível.

A aplicação deste tipo de produto é feita em leito fluidizado, sobre um objecto pré-aquecido em cima do qual o pó funde e adere. Uma das vantagens desta aplicação reside no facto de se poder retocar objectos com defeito, reaquecendo a peça e preparando de novo a superfície por fusão do material. No entanto, com este método de aplicação obtêm-se espessuras superiores a 250 microns, pelo que, normalmente, este tipo de produto só é utilizado para fins de protecção e não decorativos (ex.: isolamento de fios eléctricos).

No caso das tintas termoendurecíveis as resinas têm baixo peso molecular, mas depois do processo de polimerização formam uma estrutura complexa de elevado peso molecular.O processo, neste caso, é irreversível, visto que não mais retomará o estado de "fundido", mesmo quando aquecido. Sendo resinas de baixo peso molecular transmitem um bom aspecto à superfície (boa lacagem), boa molhabilidade e, por consequência, boa aderência ao substrato.
Os revestimentos em pó têm uma vasta aplicação quer nos domínios da protecção como na decoração de superfícies.

Comparando ambos os pós podemos tirar as seguintes conclusões:

i - Os pós termoendurecíveis apresentam um excelente compromisso entre dureza e flexibilidade;
ii - Os pós termoendurecíveis têm uma resistência química muito próxima dos termoplásticos;
iii - Os pós termoendurecíveis têm uma aderência excelente, o que não acontece com os termoplásticos, pois estes necessitam muitas vezes de um primário de aderência;
iv - Os pós termoendurecíveis têm elevada resistência a temperaturas elevadas;
v - Os pós termoendurecíveis possibilitam a aplicação de baixas espessuras.

Para se obter um filme contínuo e liso o polímero deverá fluir de uma forma homogénea, antes da reacção de cura se iniciar.
O aspecto final do produto será sempre um compromisso entre ponto de amolecimento, viscosidade de fusão e reactividade do pó.
Da mesma forma que nas tintas líquidas base solvente, é possível obter-se, com as tintas em pó, acabamentos martelados, texturados e metalizados, assim como acabamentos decorativos com brilhos elevados e baixos.
Na CIN apenas são produzidos pós termoendurecíveis, pelo que iremos, de seguida, aprofundar um pouco mais o conhecimento sobre este tipo de pós.

Pós termoendurecíveis

Os pós termoendurecíveis podem classificar-se em diferentes famílias em função da resina e do endurecedor; assim, temos:

1 - Pós epóxi	São constituídos por resinas epoxídicas que reagem com agentes de cura do tipo aminas primárias e secundárias. Estes acabamentos apresentam as

1 - Pós epóxi (continuação)	seguintes propriedades: a) Boa aderência; b) Elevada dureza; c) Óptima resistência química; d) Fraca resistência ao calor e à luz; e) Pulverulência no exterior. Estas resinas apresentam uma excelente resistência química, mas com uma elevada tendência para farinar e amarelecer quando expostas ao exterior. São, portanto, seleccionadas quando se pretende um acabamento com propriedades anti-corrosivas muito boas, a saber: i) Revestimento de pipelines; ii) "Rebar coatings"; iii) Carroçarias de automóveis.
2 - Pós epóxi-poliéster (híbridos)	São constituídos por resinas poliéster reticuladas com resinas epoxídicas. Obtém-se, neste caso, um acabamento em que se encontram francamente melhoradas a resistência à luz, ao calor e a durabilidade no exterior, sem detrimento das qualidades de aderência. As principais aplicações deste tipo de revestimentos são as seguintes: i) Acessórios de iluminação; ii) Mobiliário metálico; iii) Linha branca (frigoríficos máquinas de lavar, partes de fogões, ...);
3 - Pós poliéster/TGIC	Estes pós, tal como o nome indica, são constituídos por resinas poliéster carboxiladas reticuladas com triglicidilisocianurato. Estes acabamentos apresentam as seguintes propriedades: a) Elevada resistência à hidrólise; b) Excelente durabilidade no exterior; c) Elevada resistência ao amarelecimento; d) Óptimas propriedades mecânicas.

4 - Pós poliuretano	Os poliuretanos são caracterizados por uma unidade repetitiva de uretano numa cadeia de polímero. O grupo uretano é obtido por reacção de uma resina contendo grupos -OH, seja ela epoxídica, poliéster ou hidroxiacrílica, com um poliisocianato. Os poliuretanos assim formados constituem um acabamento com excelentes propriedades de resistência mecânica, química e às intempéries.

Na tabela seguinte podemos ver de uma forma resumida a performance de cada um dos diferentes tipos de "esqueletos" das tintas em pó.

	Epóxi	Híbridos	Poliéster/TGIC	Poliuretano
Dureza	5	4	3	5
Flexibilidade	5	5	5	5
Estabilidade durante a cura	1	3	4	3
Rapidez de cura	5	4	3	2
Resistência química	5	3	3	4
Durabilidade exterior	1	2	5	4
Brilhos disponíveis	5	4	3	5
Filme fino	4	4	2	5
Volatilização	5	5	5	1

Classificação : 1 = pobre 5 = excelente

Propriedades ambientais

O ambiente no qual o componente, pintado com tintas em pó, irá ser colocado e/ou usado é um factor decisivo para a escolha do tipo de resinas a ser utilizado. Exposições prolongadas à luz solar ou a ambientes com alto teor de sal, por exemplo, poderão implicar alterações significativas na capacidade de protecção e aparência do pó. Tipos de factores ambientais que deverão ser tidos em consideração:

- Uso interior ou exterior;
- Exposição a raios ultravioletas;
- Humidade;
- Instalações costeiras;
- Intervalos de temperatura a que irá estar sujeito o componente;
- Qualidade do ar, existência ou não de poluentes transportados pelo ar.

Relativamente ao uso interior ou exterior, a selecção do tipo de resina a ser utilizado segue o esquema da tabela que seguidamente apresentamos. Os pós epóxi, quando expostos aos raios ultravioletas por um período razoável de tempo, ficam esbranquiçados. Isto não danifica gravemente a performance do pó em termos de protecção, mas terá como consequência algo que é inaceitável sobre o ponto de vista estético. Por esta razão os pós epóxi não são recomendados para o uso exterior.

Tipo de resina	Uso
Epóxi	Interior
Epóxi/Poliéster (Híbrido)	Interior
Poliéster/TGIC	Exterior
Poliuretano	Exterior

Tabela 2.3 - Sistema de selecção da resina para aplicações interiores e exteriores

Principais campos de aplicação

As tintas em pó têm diferentes campos de aplicação em função do tipo de formulação, ou seja, da combinação resina/endurecedor, dos aditivos utilizados e do processo de cura.
Assim, segundo o critério de utilização, as tintas em pó termoendurecíveis podem ser divididas em dois grupos:

- Decorativo;
- Funcional.

Os pós decorativos podem ser subdivididos em pós para utilização no interior e uso industrial e pós para utilização no exterior (arquitectura).

- Pós decorativos para interior	Os pós mais utilizados são os epóxi-poliéster devido à sua boa aderência, resistência mecânica, resistência à sobreestufagem, retenção de brilho e resistência a produtos químicos. Podem ter acabamentos especiais tipo: - Texturado; - Metalizado; - Martelado; - etc.
- Pós decorativos para exterior	Os pós utilizados são os poliéster/TGIC e destinam-se essencialmente à lacagem de perfis de alumínio para arquitectura. Estes produtos possuem excelente aderência, boas propriedades mecânicas, de

- Pós decorativos para exterior (continuação)	resistência à corrosão e à intempérie, assim como de estabilidade de cor. Têm um excelente aspecto decorativo e podem possuir inúmeras cores e efeitos de superfície especiais.
- Pós funcionais	Destinam-se essencialmente à protecção anti-corrosiva e são aplicados com espessuras elevadas (200-500 microns) sobre o metal pré-aquecido entre 200ºC a 250ºC

Assim, para cada tipo de pó, teremos os seguintes campos de aplicação:

Tipo de pó	Campo de utilização	Família de pó
Pós decorativos a) Indústria geral e aplicações para interior	- Mobiliário metálico - Estruturas metálicas - Aquecedores - Ferramentas - Electrodomésticos - Maquinaria	Epóxi Epóxi-Poliéster Poliéster/TGIC Poliuretano
b) Aplicações para exterior	- Estruturas metálicas (painéis, perfis, caixilharia) - Máquinas para exterior (arcas, frigoríficos) - Mobiliário de jardim	Poliéster/TGIC
Pós funcionais	- Tubagens - Fundição - Isolamento eléctrico - Armaduras de betão	Epóxi Funcionais (endurecedores específicos)

2.7 - Aplicação das tintas em pó

2.7.1 - Higiene e segurança

O risco de manuseamento e aplicação das tintas em pó em relação às tintas líquidas é muito menor, devido à ausência de solventes. No entanto, as tintas em pó são combustíveis e a mistura pó-ar tem um determinado potencial explosivo. Devem evitar-se as concentrações elevadas de pó no ar e a proximidade de chamas, superfícies sobreaquecidas e faíscas.
Deve sempre consultar-se a ficha de segurança para verificar se o produto contém substâncias consideradas perigosas. Mesmo que o produto não contenha qualquer substância que apresente perigo para a saúde no âmbito da Directiva Substâncias Perigosas 67/548/CEE, deve-se sempre respeitar as recomendações feitas na ficha de segurança para protecção individual, como sejam:

a) Máscaras com filtros adequados à protecção de poeiras;
b) Usar luvas de látex, no caso de contacto prolongado ou repetido com o produto;
c) Usar equipamento ocular adequado quando se espera uma exposição ao produto;
d) Usar vestuário adequado;
e) Após contacto da pele com o produto lavar abundantemente com água;
f) Não beber, comer ou fumar durante a utilização.

Algumas tintas em pó contêm cromato de chumbo e/ou triglicidilisocianurato (TGIC) que, segundo a directiva atrás referida, são consideradas substâncias perigosas para a saúde.
Em relação ao chumbo, o produto é classificado como tóxico e etiquetado com caveira. O limite de exposição ocupacional aplicável (expresso em Cr) é de 0,05 mg/m^3.
As frases de risco e segurança que se encontram na ficha de segurança devido à presença do chumbo são as seguintes :

a) Perigo de efeitos cumulativos;
b) Possibilidade de efeitos irreversíveis;
c) Contém chumbo - não utilizar em objectos que as crianças possam morder ou chupar;
d) Risco durante a gravidez com efeitos adversos na descendência.

O TGIC de momento ainda é classificado como nocivo mas, no início do ano de 1998, prevê-se que seja classificado como tóxico e etiquetado com a respectiva caveira. O limite máximo de exposição recomendado durante um dia de trabalho de 8 horas é de 3 mg/m^3.

2.7.2 - Tratamento da superfície

O tratamento da superfície destina-se a preparar a mesma de forma a deixá-la em condições de receber o acabamento que serve de protecção e decoração.
O tratamento a realizar depende de:

- Tipo e qualidade do material;
- Estado da superfície (grau de contaminação e tipos de contaminantes);
- Finalidade - exterior ou interior, decorativo ou funcional;
- Acabamento que vai receber;
- Volume de produção;
- Aspectos económicos e ambientais.

O tratamento da superfície influencia de forma decisiva as propriedades finais do acabamento.
O processo de preparação da superfície divide-se em duas etapas:

a) Limpeza da superfície;
b) Aplicação de um processo de conversão química.

2.7.3 - Processos de aplicação

Os processos de aplicação mais usados são:

- Leito fluidizado;
- Leito fluidizado electrostático;
- Pistola electrostática;
- Pistola triboeléctrica.

2.7.3.1 - Leito fluidizado

O objecto pré-aquecido é introduzido num depósito onde o pó se encontra em suspensão. A fluidização do pó é feita pela passagem de um caudal de ar através de uma placa porosa. O pó funde sobre o suporte, dando origem à película de tinta. Os pós normalmente aplicados por este processo são termoplásticos e a temperatura do objecto deve ser 100ºC superior à do ponto de fusão do pó.
Este tipo de aplicação foi deixando de ser usado com o aparecimento do leito fluidizado electrostático, que seguidamente se descreve.

2.7.3.2 - Leito fluidizado electrostático

Esta técnica é em tudo semelhante à anterior, com a diferença de a peça não ser aquecida e o depósito estar ligado a um gerador de alta tensão. Devido ao efeito electrostático é possível aplicar peças suspensas numa cadeia transportadora que passa através da nuvem de pó que se forma por cima do depósito de leito fluidizado. Obtêm-se espessuras mais baixas e uniformes, mesmo que as peças tenham zonas com diferentes espessuras de metal.

A espessura neste tipo de aplicação é bastante influenciada pela voltagem aplicada e pela distribuição granulométrica do pó. Uma voltagem elevada provoca redução da espessura, pois as partículas que se encontram aderentes à peça com carga elevada repelem as partículas com o mesmo sinal que lá chegam, sendo este comportamento análogo ao de dois ímanes com a mesma carga.

As partículas compreendidas entre **20 e 80 microns** são as que carregam melhor, logo, devem ser as mais abundantes. O aumento da quantidade de partículas com tamanhos superiores e inferiores a estes, por exemplo quando não é adicionado pó fresco, provoca uma redução do rendimento de aplicação e da espessura da película.

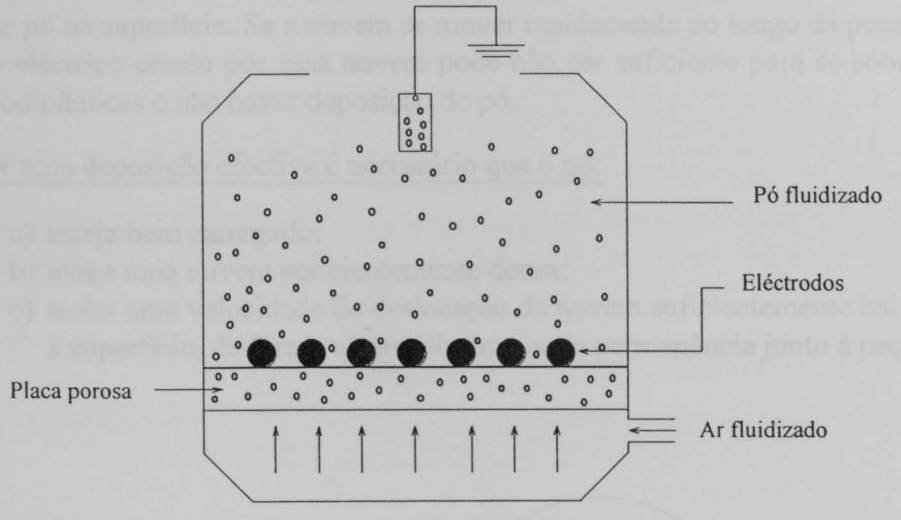


Figura 2.2 - Aplicação em leito fluidizado electrostático

2.7.3.3 - Pistola electrostática

Numa aplicação electrostática convencional, normalmente designada por CORONA o pó é fluidizado num depósito. A mistura pó/ar é transportada até à ponta da pistola onde é carregada pelos eléctrodos que estão ligados a uma fonte de alta tensão. A peça a aplicar tem que estar ligada à terra. A nuvem carregada que se forma entre a pistola e a peça é composta por partículas de pó e iões livres. Há, então, a formação de dois campos eléctricos, um entre a pistola e a peça e outro entre a nuvem e a peça.
A força do campo eléctrico formado entre a nuvem e a peça depende de :

a) número de iões e partículas de pó;
b) carga dos iões e das partículas de pó;
c) da concentração de iões e partículas de pó;
d) da espessura da nuvem.

Quanto maior for o número de partículas de pó carregadas e de iões entre a pistola e a peça, maior a força do campo eléctrico. Se a carga das partículas de pó for fraca, então também o campo eléctrico criado pela nuvem é fraco. Se o pó for aplicado numa nuvem com pouca espessura ao longo da peça, ou se a concentração de partículas carregadas for baixa, então o campo eléctrico pode não ter força suficiente para haver deposição efectiva de pó na superfície. Se a nuvem se mover rapidamente ao longo da peça a força do campo eléctrico criado por essa nuvem pode não ser suficiente para se sobrepor às forças aerodinâmicas e não haver deposição de pó.

Para haver uma deposição efectiva é necessário que o pó:

a) esteja bem carregado;
b) tenha uma nuvem suficientemente densa;
c) tenha uma velocidade de deslocação da nuvem suficientemente baixa junto à superfície, de forma a permitir uma certa permanência junto à peça.

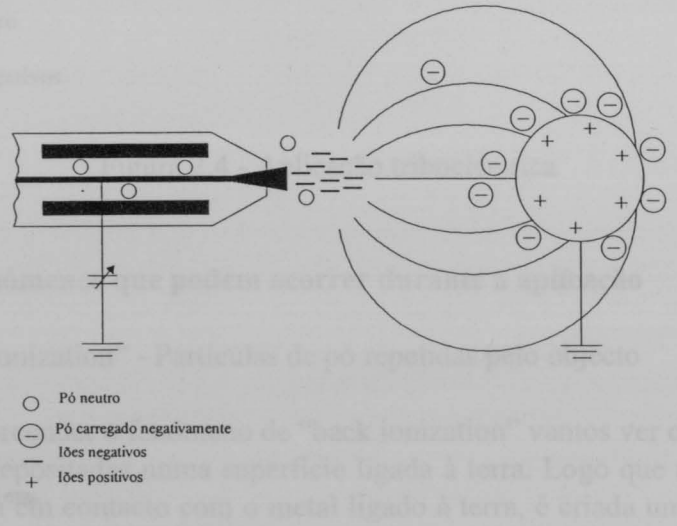


Figura 2.3 - Campo eléctrico gerado numa aplicação electrostática

2.7.3.4 - Pistola triboeléctrica

Neste tipo de aplicação a pistola não se encontra ligada a nenhum gerador, logo, não se forma qualquer campo eléctrico entre a pistola e a peça. As partículas de pó são carregadas por fricção ao passarem através da pistola. Ao contrário do processo anterior, que gera no pó cargas negativas, este "força" o pó a libertar electrões, ficando, deste modo, carregados positivamente.
As partículas carregadas individualmente são as responsáveis pelo campo eléctrico que se forma entre cada uma das partículas de pó que compõem a nuvem e a peça.

A força deste campo eléctrico é função da(s):

a) carga das partículas de pó;
b) concentração;
c) partículas de pó;
d) forma da nuvem.

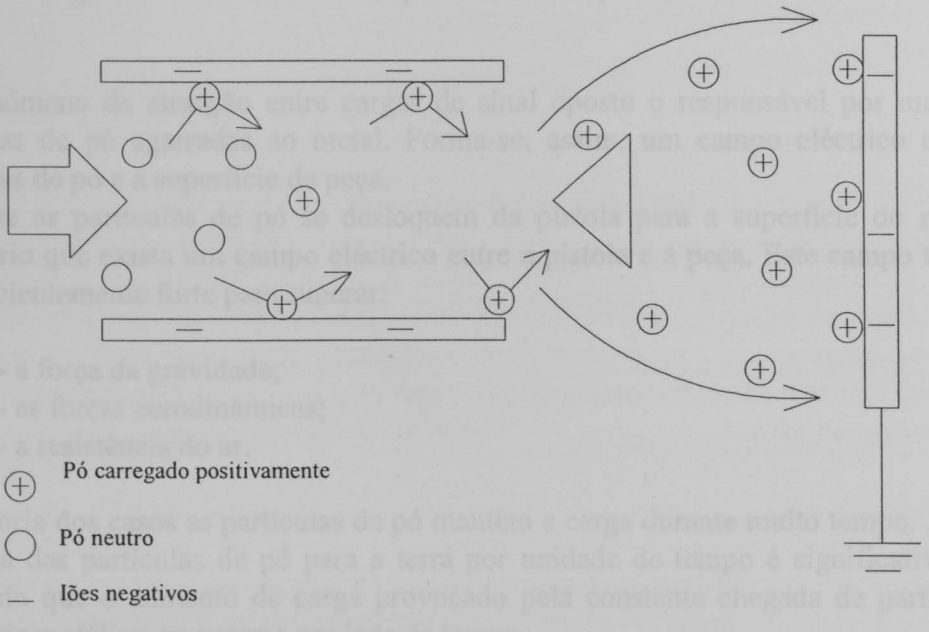


Figura 2.4 - Aplicação triboeléctrica

2.7.4 - Fenómenos que podem ocorrer durante a aplicação

a) "Back Ionization" - Partículas de pó repelidas pelo objecto

Para melhor compreender o fenómeno de "back ionization" vamos ver o que acontece às partículas de pó depositadas numa superfície ligada à terra. Logo que uma partícula de pó carregada entra em contacto com o metal ligado à terra, é criada uma carga de igual

valor mas de sinal oposto no interior do metal. Este fenómeno designa-se por **efeito de espelho.**

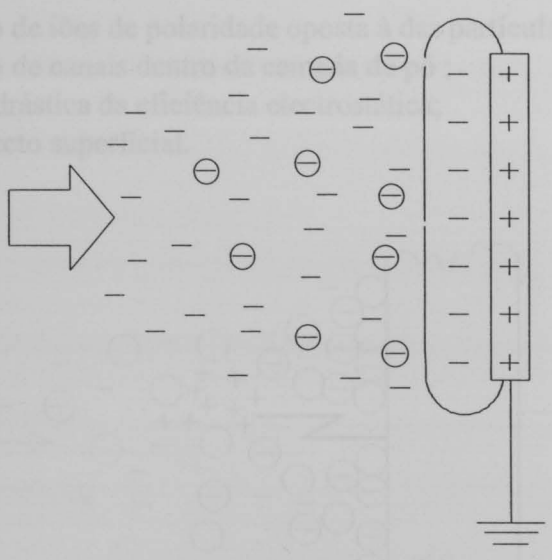


Figura 2.5 - Cobertura da superfície numa aplicação electrostática

É o fenómeno de atracção entre cargas de sinal oposto o responsável por manter as partículas de pó agarradas ao metal. Forma-se, assim, um campo eléctrico entre as partículas de pó e a superfície da peça.
Para que as partículas de pó se desloquem da pistola para a superfície do metal, é necessário que exista um campo eléctrico entre a pistola e a peça. Este campo tem que ser suficientemente forte para superar:

- a força da gravidade;
- as forças aerodinâmicas;
- a resistência do ar.

Na maioria dos casos as partículas de pó mantêm a carga durante muito tempo. A perda de carga das partículas de pó para a terra por unidade de tempo é significativamente menor do que o aumento de carga provocado pela constante chegada de partículas à superfície metálica, na mesma unidade de tempo.
Consoante vai aumentando o número de partículas de pó na superfície metálica, vai aumentando também a carga acumulada, até se atingir um ponto em que o campo eléctrico gerado se sobrepõe à resistência eléctrica do ar que envolve a superfície. Isto origina uma ionização do ar, pelo que iões bi-polares serão gerados, sendo os carregados negativamente recebidos pelo substracto, enquanto que os positivos movimentar-se-ão da superfície em direcção à pistola. Esta migração de iões positivos interactua imediatamente com os negativos provenientes da pistola, tendo como resultado final, tal como era esperado, uma neutralização das partículas carregadas negativamente. Estas partículas, após neutralização, não serão jamais capazes de contribuir para a cobertura da mesma superfície, pelo que a deposição de pó cessa. Este fenómeno denomina-se "back ionization".

Assim, durante o fenómeno de "back ionization" verifica-se :

a) formação de iões de polaridade oposta à das partículas de pó (positiva);
b) formação de canais dentro da camada de pó ;
c) redução drástica da eficiência electrostática;
d) mau aspecto superficial.

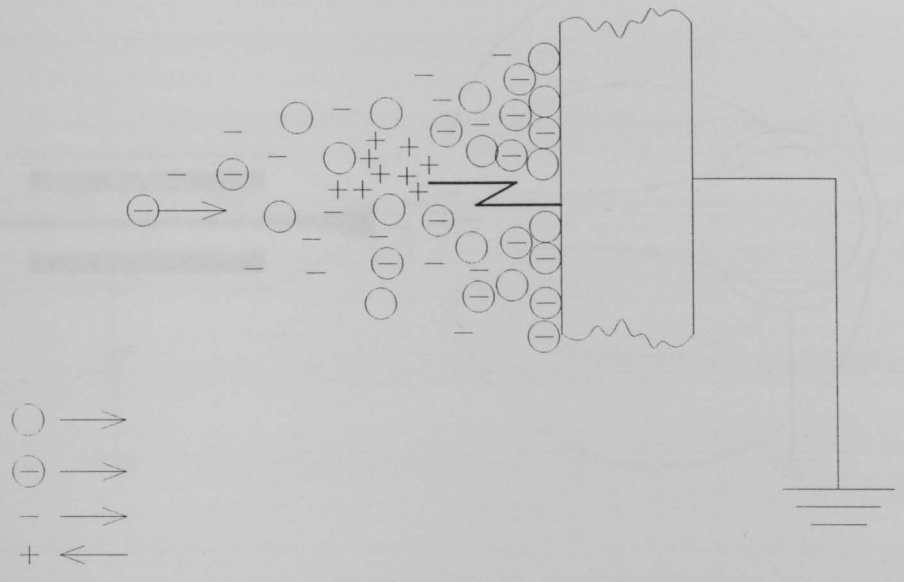


Figura 2.6 - Fenómeno de "back ionization"

Como maiores tensões originam um maior número de iões livres, é de esperar que o fenómeno de "back ionization" tenha lugar mais cedo; assim, nestes casos devem ser aplicadas camadas finas de pó. No caso da aplicação triboeléctrica, a quase total ausência de iões livres reduz significativamente as possibilidades de ocorrência deste fenómeno.
Quanto mais estreitas forem as zonas de difícil acesso, menor é a probabilidade do pó conseguir penetrar devido a este fenómeno. Os iões positivos criados nos lados adjacentes à zona de difícil acesso enfraquecem o campo eléctrico das partículas de pó. Assim, este fenómeno pode provocar rejeições de peças devido a:

1. Deficiente cobertura no interior da peça;
2. Crateras nos lados da peça, devidos à forte "back ionization;
3. Excesso de pó nos lados.

b) Gaiola de Faraday

O campo eléctrico gerado entre a pistola e o objecto origina linhas de força que guiam as partículas carregadas electricamente para o ponto ligado à terra mais próximo.
Para uma peça com uma geometria semelhante à da figura 2.3 as linhas de força são suficientes para garantirem uma cobertura eficaz de toda a superfície da peça.

Para uma geometria semelhante à da figura seguinte, já não se verifica o mesmo. Como resultado directo da lei de Gauss, não é possível existirem linhas de força, nem penetrarem, em áreas que estão rodeadas por limites ou extremos de metal da peça ligadas à terra. Este fenómeno ficou conhecido como "Faraday cage effect", gaiola de Faraday.

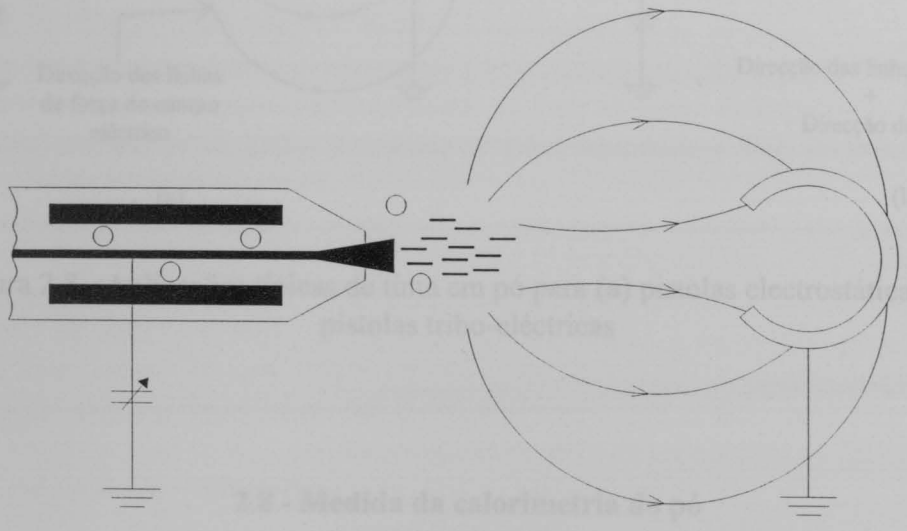


Figura 2.7 - Gaiola de Faraday

O campo eléctrico gerado entre a pistola e o objecto a ser pintado, no caso de uma aplicação triboeléctrica e ao contrário do que acontece numa electrostática, é moderado. Assim, as pistolas tribo são menos afectadas pelo fenómeno de Faraday. Isto acontece porque as cargas são geradas por fricção das partículas e não por intermédio de um gerador de tensão. Deste modo, as linhas de força resultantes, responsáveis por transportar as partículas até ao ponto com ligação à terra mais próximo, são igualmente fracas, pelo que estas são mais facilmente direccionadas pela corrente de ar para qualquer parte da peça que se queira pintar. Por outro lado, uma vez que o fenómeno de "back ionization" é mais retardado nas aplicações tribo, como foi visto, a penetração na gaiola, nestes casos, é facilitada.

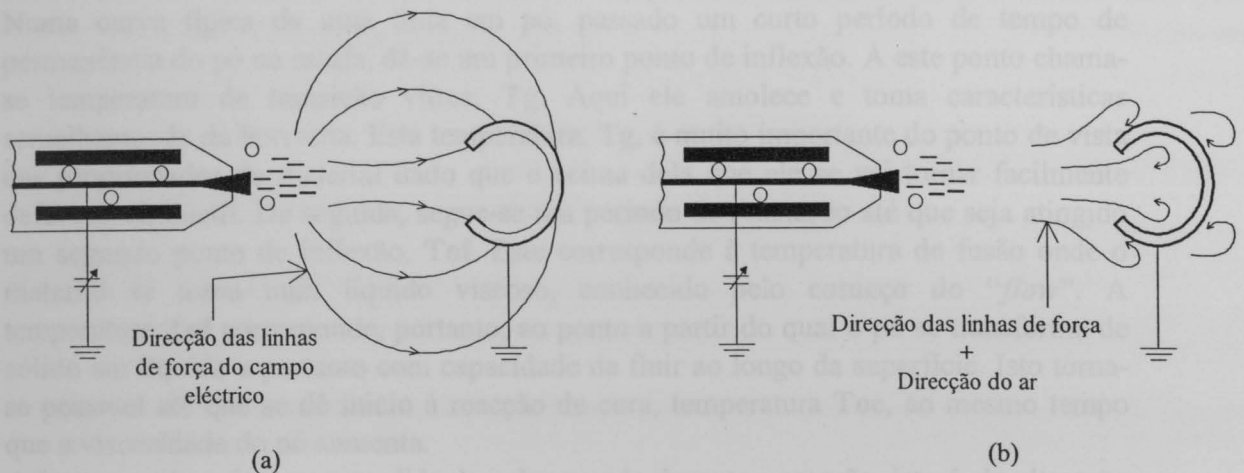
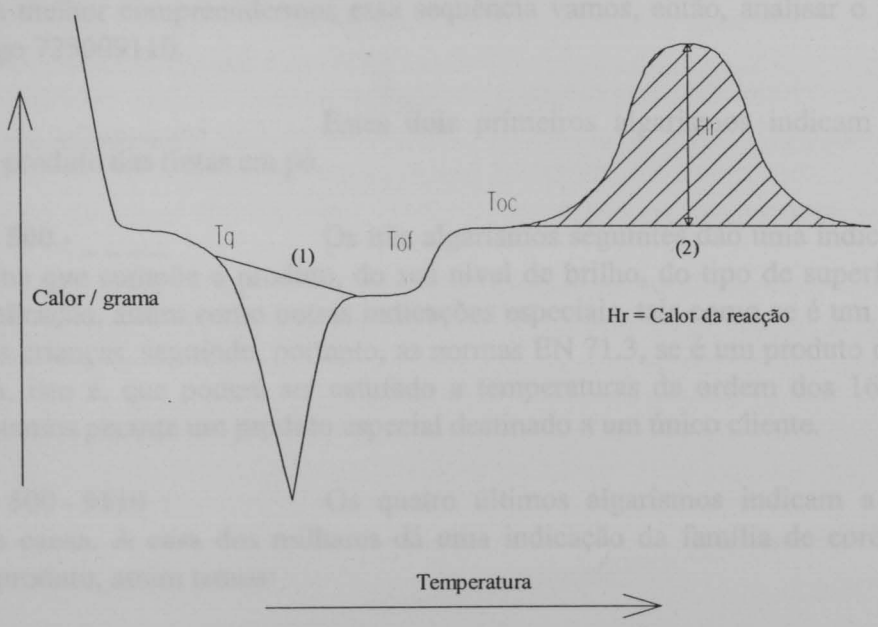


Figura 2.8 - Aplicações típicas de tinta em pó para **(a)** pistolas electrostáticas ; **(b)** pistolas tribo-eléctricas

2.8 - Medida da calorimetria do pó

Esta técnica permite identificar, em cada momento, a quantidade energética necessária para que se atinja o zero em termos de diferença de temperatura entre o pó e o ar aquecido da estufa.
Na figura seguinte é representada uma curva típica.



(1) reacção endotérmica
(2) reacção exotérmica

Figura 2.9 - Curva típica para uma tinta em pó

Numa curva típica de uma tinta em pó, passado um curto período de tempo de permanência do pó na estufa, dá-se um primeiro ponto de inflexão. A este ponto chama-se temperatura de transição vítrea, **Tg**. Aqui ele amolece e toma características semelhantes às da borracha. Esta temperatura, **Tg**, é muito importante do ponto de vista das propriedades do material dado que é acima dela que ele se vai tornar facilmente deformável, dúctil. De seguida, segue-se um período de relaxação até que seja atingido um segundo ponto de inflexão, **Tof**. Este corresponde à temperatura de fusão onde o material se torna num líquido viscoso, conhecido pelo **começo do *"flow"***. A temperatura **Tof** corresponde, portanto, ao ponto a partir do qual o pó se transforma de sólido em líquido e portanto com capacidade de fluir ao longo da superfície. Isto torna-se possível até que se dê inicio à reacção de cura, temperatura **Toc**, ao mesmo tempo que a viscosidade do pó aumenta.
A área a sombreado é uma medida do calor gerado durante a reacção, isto é, da alteração química verificada durante o processo de cura. O posicionamento e a forma da curva exotérmica é um importante indicativo da reactividade do pó.
A posição de início da curva exotérmica e o pico máximo da mesma para diferentes tipos de tintas em pó dão uma informação bastante útil acerca da reactividade em termos relativos de cada um desses sistemas, ao mesmo tempo que as diferenças relativas entre **Tof** e **Toc** podem ser vistas como uma medida relativa da capacidade de *"flow"* de cada um dos sistemas em comparação.

2.9 - Codificação das tintas em pó

Todos os tipos de tintas em pó têm um código próprio com uma determinada sequência lógica. Para melhor compreendermos essa sequência vamos, então, analisar o produto com o código 725009110.

72 - _ _ _ - _ _ _ _ : Estes dois primeiros algarismos indicam que se trata de um produto das tintas em pó.

72 - **500** - _ _ _ _ : Os três algarismos seguintes dão uma indicação do tipo de resina que compõe o produto, do seu nível de brilho, do tipo de superfície, do modo de aplicação, assim como outras indicações especiais, tais como se é um produto destinado às crianças, seguindo, portanto, as normas EN 71.3, se é um produto de baixa temperatura, isto é, que poderá ser estufado a temperaturas da ordem dos 160ºC, ou então, se estamos perante um produto especial destinado a um único cliente.

72 - 500 - **9110** : Os quatro últimos algarismos indicam a cor do produto em causa. A casa dos milhares dá uma indicação da família de cores a que pertence o produto, assim temos:

0 _ _ _ : Brancos e pretos (*);
1 _ _ _ : Amarelos;
2 _ _ _ : Laranjas;
3 _ _ _ : Vermelhos;

4 _ _ _ : Violetas;
5 _ _ _ : Azuis;
6 _ _ _ : Verdes;
7 _ _ _ : Cinzentos;
8 _ _ _ : Castanhos;
9 _ _ _ : Brancos, pretos e metalizados.

Nota: (*) Esta codificação de cores não existe no código RAL, apenas no código da CIN.

No *Anexo 1* estão representadas as principais famílias de produtos com a indicação das características a elas associadas.

2.10 - Processo de fabrico

Por processo, entende-se a combinação dos vários factores produtivos, tais como:

- Materiais / Componentes;
- Operadores;
- Máquinas;
- Métodos de trabalho;
- Meio envolvente.

que, em conjunto, dão origem ao **output**. A performance do processo depende da comunicação entre o **cliente** e o **fornecedor**, da forma como o processo é desenhado, implementado e da forma como é gerido e operado.
Muita da informação sobre o comportamento do processo pode ser obtida estudando o seu output. A informação mais útil obtém-se estudando o próprio processo, a sua variação interna (tempos de ciclo, temperaturas, formação dos operadores, informação disponível, n.º de interrupções, etc.). Devem determinados os valores ideais de funcionamento dos vários parâmetros.
No caso das tintas em pó, a sua filosofia envolve a produção de pós homogéneos, sem a ocorrência de qualquer tipo de reacção química. A característica central do processo produtivo consiste na mistura de ingredientes sólidos que se encontram num estado "pastoso", durante o processo de extrusão, da qual resulta um produto igualmente sólido e homogéneo.

O gráfico seguinte mostra, de uma forma sequencial, os diferentes estados que constituem o processo produtivo das tintas em pó.

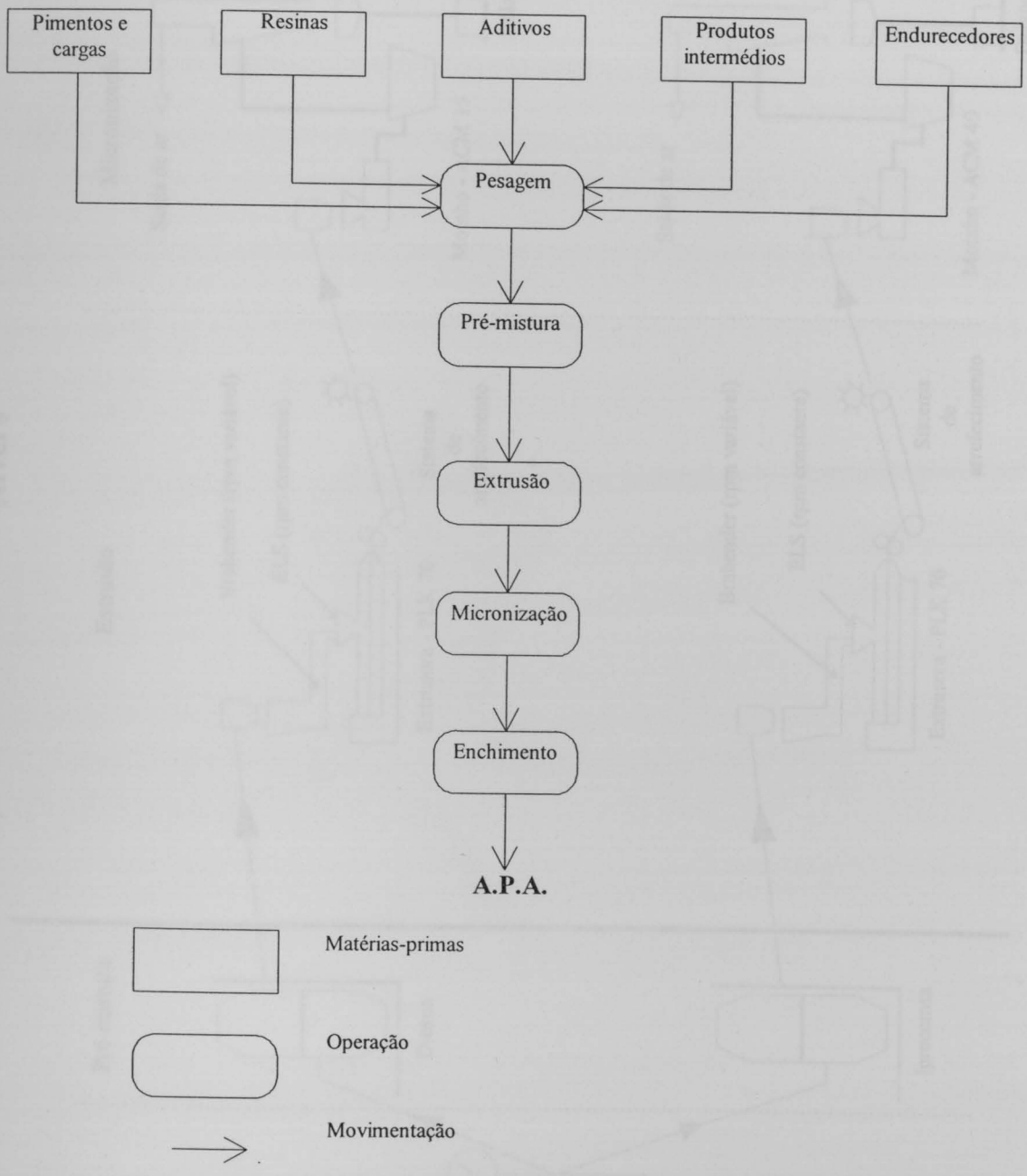
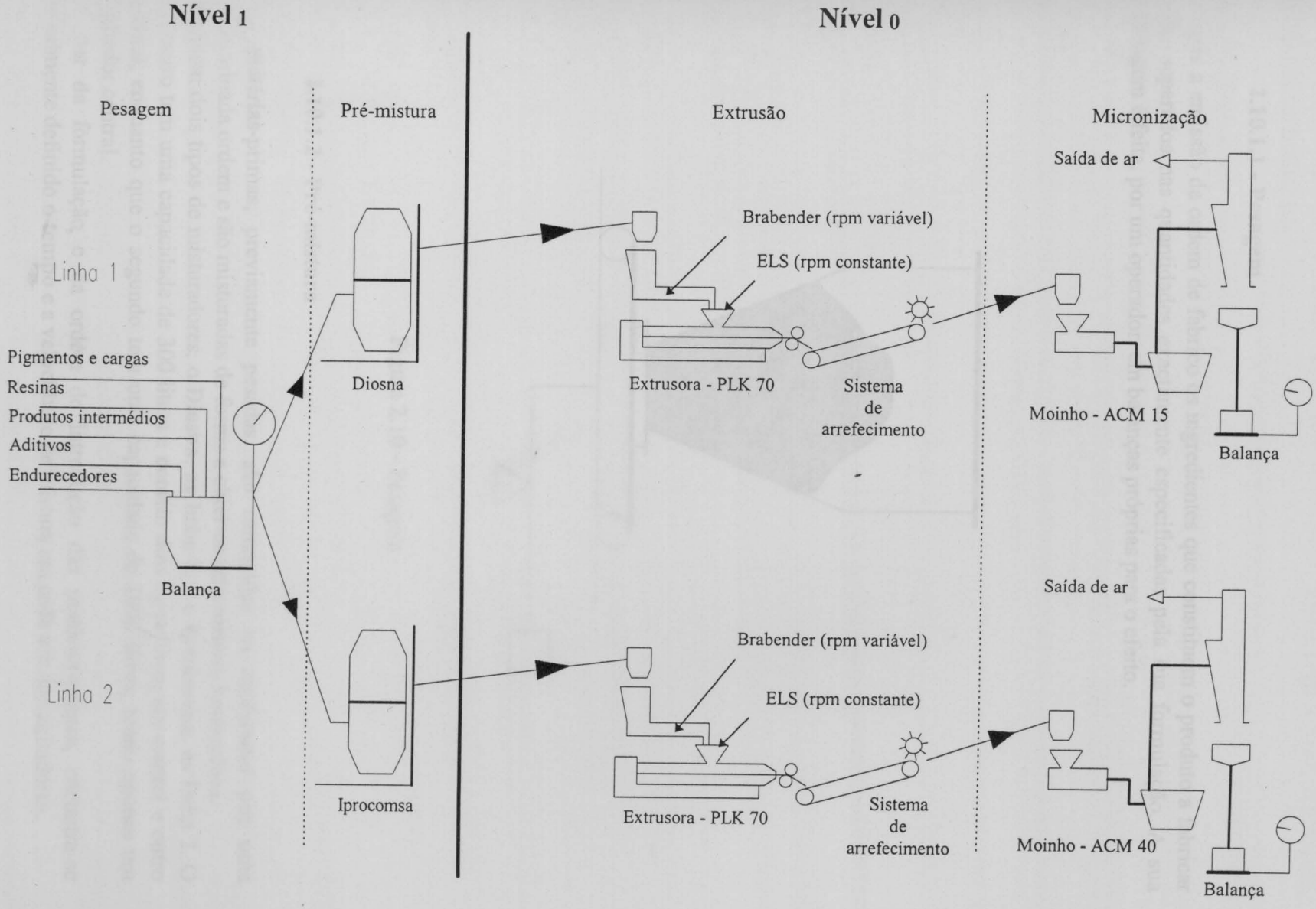


Gráfico 2.4 - Fluxo de fabrico das tintas em pó

No esquema seguinte podemos ver qual o curso seguido pelos materiais desde a pesagem até ao enchimento, em ambas as linhas.


Nível 1
Nível 0
Pesagem
Pré-mistura
Extrusão
Micronização
Linha 1
Pigmentos e cargas
Resinas
Produtos intermédios
Aditivos
Endurecedores
Balança
Diosna
Brabender (rpm variável)
ELS (rpm constante)
Extrusora - PLK 70
Sistema de arrefecimento
Saída de ar
Moinho - ACM 15
Balança
Linha 2
Iprocomsa
Brabender (rpm variável)
ELS (rpm constante)
Extrusora - PLK 70
Sistema de arrefecimento
Saída de ar
Moinho - ACM 40
Balança

2.10.1 - Etapas do processo produtivo

2.10.1.1 - Pesagem

Após a emissão da ordem de fabrico os ingredientes que constituem o produto a fabricar são separados nas quantidades exactamente especificadas pela sua formulação. A sua pesagem é feita, por um operador, em balanças próprias para o efeito.

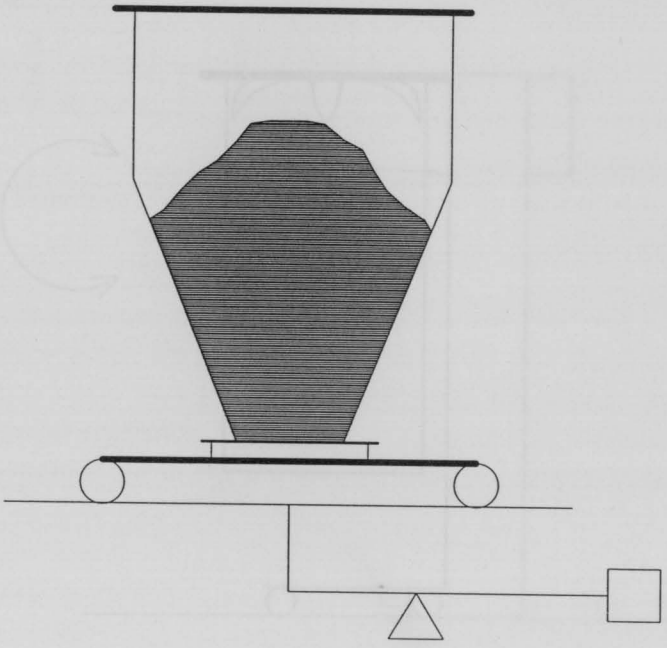


Figura 2.10 - Pesagem

2.10.1.2 - Pré-mistura

As matérias-primas, previamente pesadas, são carregadas no misturador por uma determinada ordem e são misturadas de forma a obter-se uma mistura homogénea.
Existem dois tipos de misturadores, o **Diosna**, na linha 1, e o **Iprocomsa**, na linha 2. O primeiro tem uma capacidade de 300 litros e contém dois agitadores, um central e outro lateral, enquanto que o segundo tem uma capacidade de 1000 litros, tendo apenas um agitador central.
A par da formulação e da ordem de introdução das matérias-primas, encontra-se igualmente definido o **tempo** e a **velocidade** de mistura em cada um dos agitadores.

Uma pré-mistura inadequada poderá originar uma composição heterogénea da pré-mistura que terá como resultado um *"flow"* deficiente, fracas propriedades mecânicas, redução do brilho, etc.

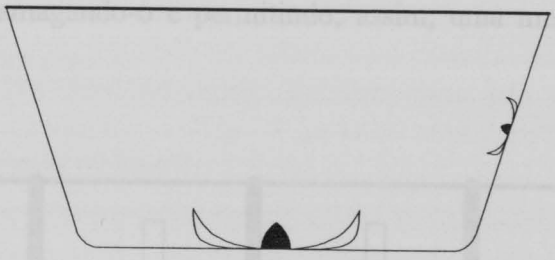


Figura 2.11 - Diosna

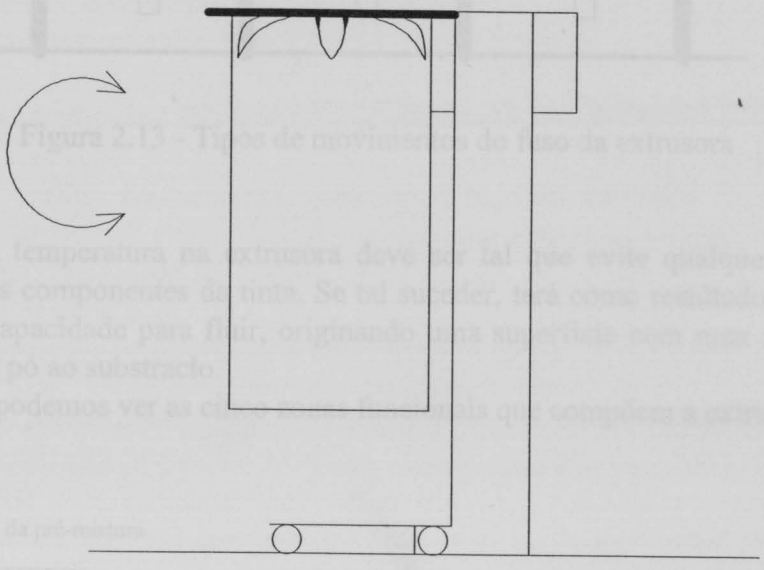


Figura 2.12 - Iprocomsa

2.10.1.3 - Extrusão

Esta é a fase de maior importância no processo de fabrico, pois é aqui que se dão as transformações fundamentais da mistura. A pré-mistura passa por um doseador volumétrico - **brabender** - que regula o caudal a ser debitado pela extrusora. Antes de entrar na extrusora, atravessa um fuso com velocidade constante - **ELS** - e que é responsável por alimentar a extrusora de uma forma contínua e regular.
Dentro da extrusora, os componentes denominados ligantes, isto é, as resinas e os endurecedores, fundem e, ao mesmo tempo, envolvem os pigmentos e aditivos que, uma vez reduzidos ao tamanho mais primário, se dispersam de uma forma homogénea na rede tridimensional formada pelos ligantes.
A energia necessária para fundir os ligantes é principalmente fornecida pelo equipamento, sendo parte dela gerada como resultado do atrito existente entre o líquido viscoso e as paredes internas da extrusora.

As extrusoras da linha 1 e 2 são **BUSS PLK 70**.
A figura 2.13 mostra os dois tipos de movimentos que o fuso da extrusora tem, um radial e outro axial. Este segundo movimento pretende empurrar o produto contra os pinos da parede da extrusora, esmagando-o e permitindo, assim, uma melhor dispersão da pré-mistura.

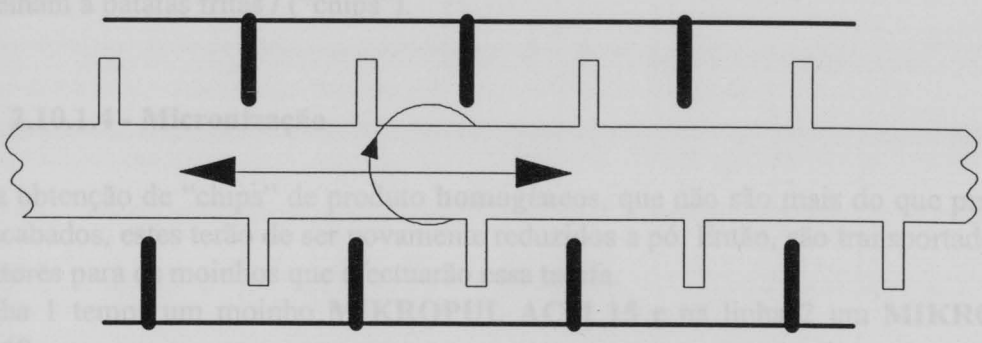


Figura 2.13 - Tipos de movimentos do fuso da extrusora

A evolução da temperatura na extrusora deve ser tal que evite qualquer tipo de pré-reacção entre os componentes da tinta. Se tal suceder, terá como resultado uma tinta em pó com fraca capacidade para fluir, originando uma superfície com mau aspecto e uma fraca adesão do pó ao substracto.
Na figura 2.14 podemos ver as cinco zonas funcionais que compõem a extrusora.

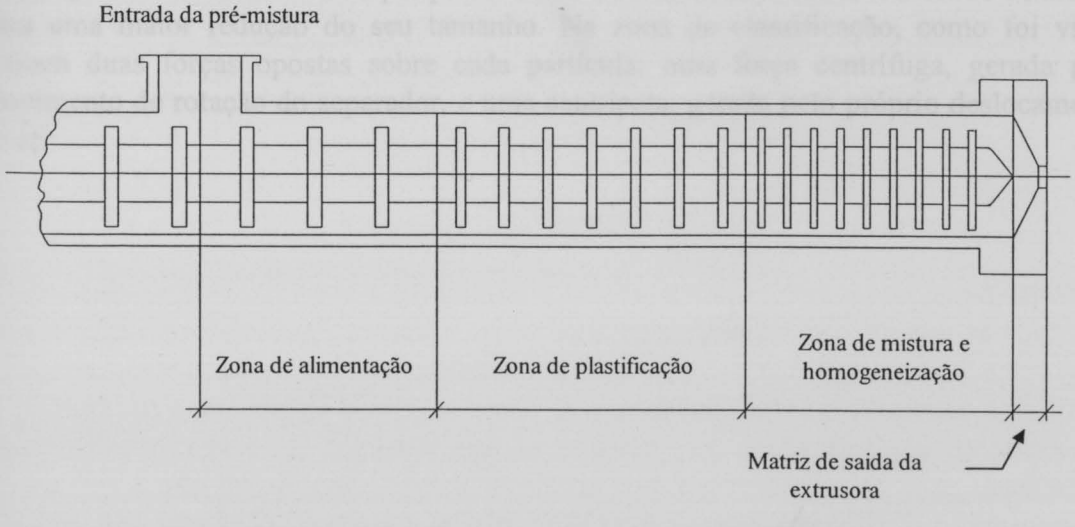
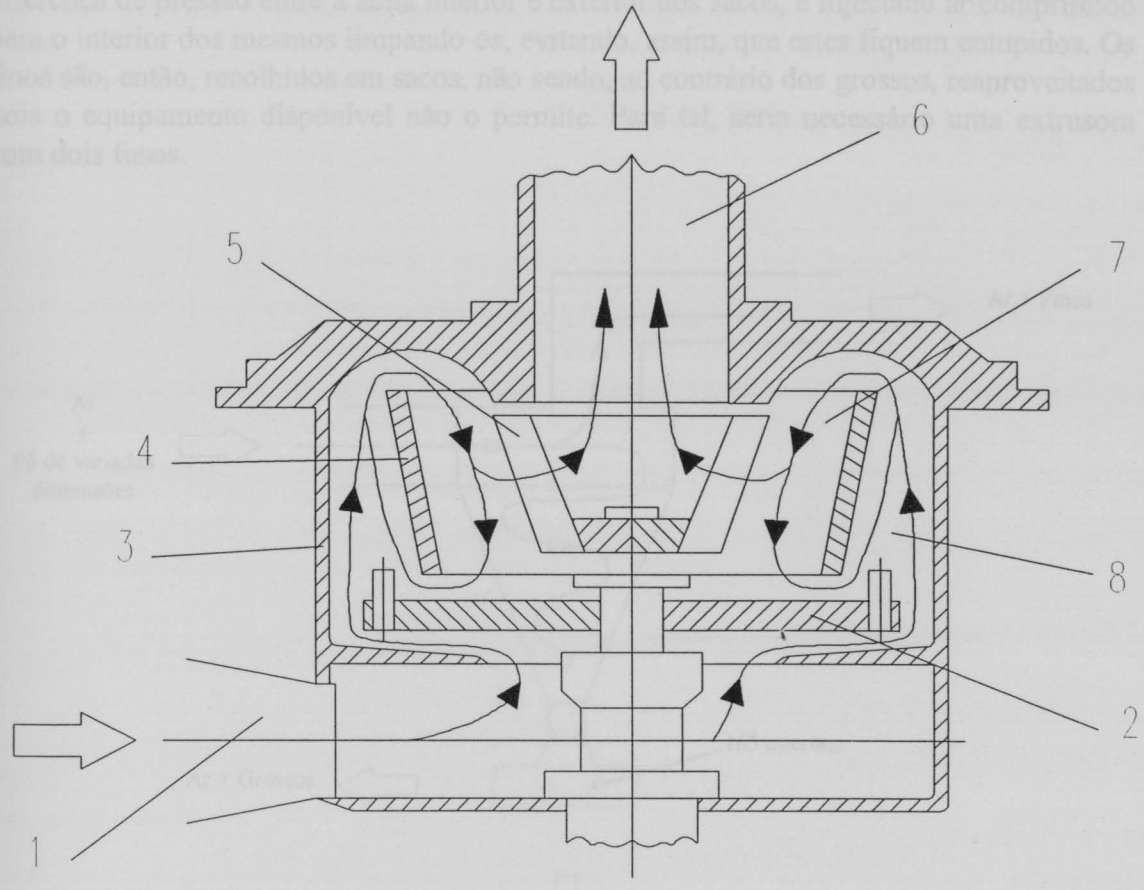


Figura 2.14 - Zonas funcionais da extrusora

Durante as três primeiras zonas, nenhuma pressão significativa é desenvolvida, apenas quando os produtos são extrudidos através da matriz de saída da extrusora é que são geradas enormes pressões. Estas pressões variam com o diâmetro da matriz de saída.
Após deixar a extrusora, o produto é esmagado entre dois rolos arrefecidos seguindo para um tapete rolante arrefecido, tornando-se, assim, num material bastante frágil e portanto facilmente quebrável. No final do tapete, existem umas pás que, com um simples movimento rotativo, transformam o filme de produto num conjunto de pedaços que se assemelham a batatas fritas / ("chips").

2.10.1.4 - Micronização

Após a obtenção de "chips" de produto **homogéneos**, que não são mais do que produtos semi-acabados, estes terão de ser novamente reduzidos a pó. Então, são transportados nos contentores para os moinhos que efectuarão essa tarefa.
Na linha 1 temos um moinho **MIKROPUL ACM 15** e na linha 2 um **MIKROPUL ACM 40**.
No moinho, as partículas são transportadas pelo ar previamente arrefecido e cuja velocidade é estabelecida por uma ventoinha. A mistura ar + produto entra na câmara de moagem pela periferia do rotor (2), seguindo o trajecto delineado na figura 2.15. A redução do seu tamanho é originada pelo impacto das partículas no rotor (2), que possui uma determinada velocidade de rotação, e na parede da câmara (3), assim como pelo choque com outras partículas.
A mistura ar + produto ao atravessar o anel (4) entra na secção de classificação. Aqui, as partículas mais finas atravessam a roda de classificação composta por um conjunto de pás e possuindo um movimento de rotação tal como o rotor triturador (2), seguindo para a zona de saída da câmara (6), enquanto que as mais grossas são impelidas pelo movimento de rotação da roda de classificação para o disco triturador, retornando à zona de trituração para uma maior redução do seu tamanho. Na zona de classificação, como foi visto, actuam duas forças opostas sobre cada partícula: uma força centrífuga, gerada pelo movimento de rotação do separador, e uma centrípeta, gerada pelo próprio deslocamento do ar.



Legenda :
1 - Alimentação do produto + ar
2 - Rotor triturante com pinos
3 - Parede interna da câmara
4 - Anel
5 - Roda separadora
6 - Saída de produto + ar
7 - Zona de selecção
8 - Zona de trituragem

Figura 2.15 - Câmara de moagem

Tendo-se moído o produto, interessa agora fazer uma selecção que elimine as partículas excessivamente grossas e as excessivamente finas.
A mistura ar + pó atinge o ciclone onde as partículas bastante pequenas seguirão o circuito descrito pelo ar, enquanto que as maiores, por acção da força da gravidade, cairão. No fundo do ciclone, existem peneiros com um tamanho de rede igual a 165 microns, que separarão da mistura as partículas mais grossas. Estas serão posteriormente reaproveitadas no processo de extrusão. Assim, o pó com o tamanho supostamente ideal cairá nas embalagens, prontas para serem fornecidas ao cliente.
Como é natural, as partículas mais finas que seguiram o trajecto do ar não podem ser lançadas para a atmosfera. Assim, a mistura ar + finos atravessa um filtro composto por um conjunto de sacos filtrantes que purificam o ar. Quando se atinge uma determinada

diferença de pressão entre a zona interior e exterior dos sacos, é injectado ar comprimido para o interior dos mesmos limpando-os, evitando, assim, que estes fiquem entupidos. Os finos são, então, recolhidos em sacos, não sendo, ao contrário dos grossos, reaproveitados pois o equipamento disponível não o permite. Para tal, seria necessário uma extrusora com dois fusos.

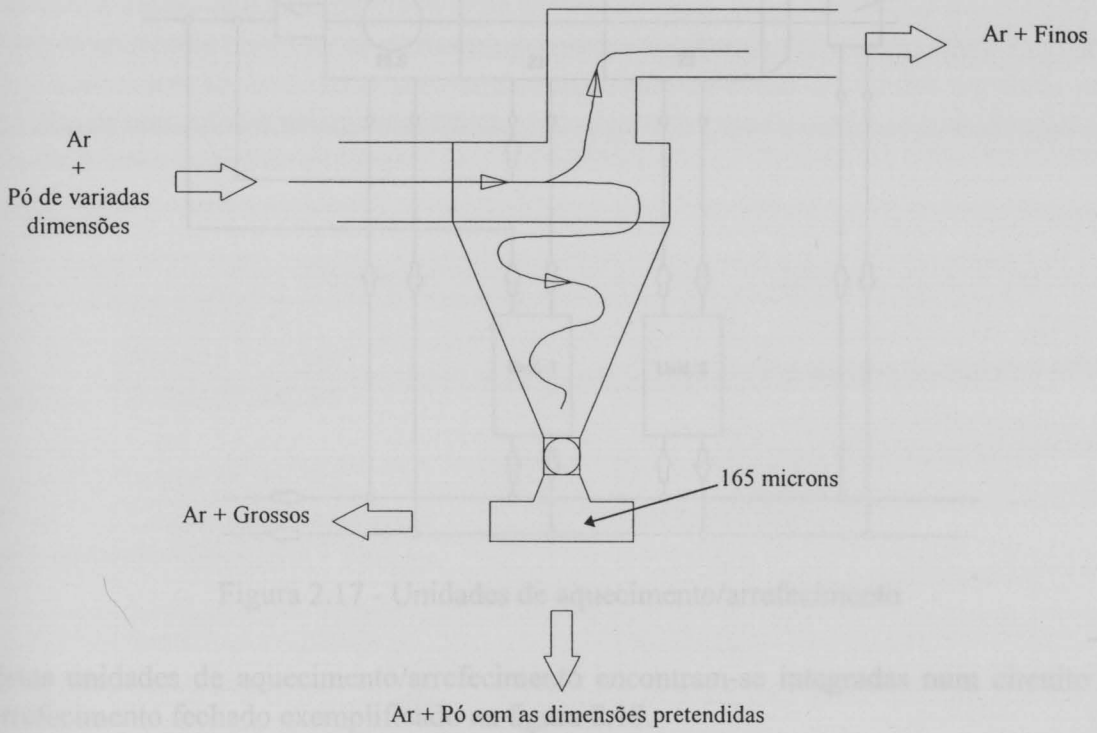


Figura 2.16 - Esquema de funcionamento do ciclone

2.10.1.5 - Enchimento

O pó com a granulometria desejada é introduzido directamente para as caixas que serão fornecidas ao cliente.

2.10.2 - Unidades de aquecimento/arrefecimento

No início de cada fabrico é necessário aquecer o interior da extrusora; para tal, aquece-se a água que envolve a mesma. Essa função é realizada pelas mesas de aquecimento/arrefecimento, compostas por duas unidades independentes. A primeira serve o fuso e a zona 1 da extrusora, enquanto que a segunda serve a zona 2 da extrusora, figura 2.17. Algum tempo após o início do fabrico, as mesas poderão ser desligadas ou não, dependendo do tipo de produto a ser fabricado.
A zona de entrada da pré-mistura, a rampa existente imediatamente após a saída do produto da extrusora e o permutador de calor situado junto da entrada do ar responsável

pelo arrastamento do produto nos moinhos, têm que ser, ao contrário das anteriores, envolvidas por água previamente arrefecida, estando, portanto, directamente incorporadas no circuito de arrefecimento fechado que rodeia todo o processo de fabrico das tintas em pó. Este arrefecimento contínuo pretende evitar que o produto funda ou se agarre ao equipamento.

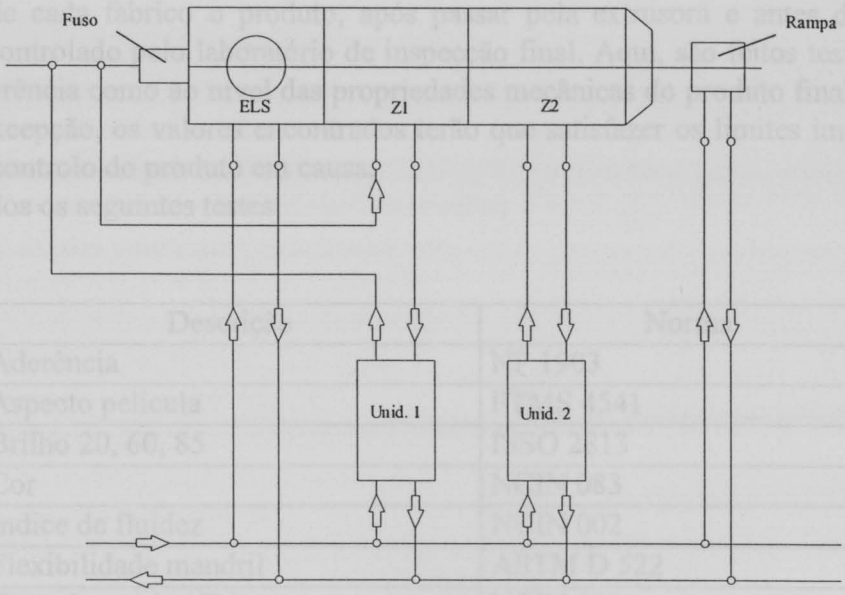


Figura 2.17 - Unidades de aquecimento/arrefecimento

Estas unidades de aquecimento/arrefecimento encontram-se integradas num circuito de arrefecimento fechado exemplificado na figura 2.18.

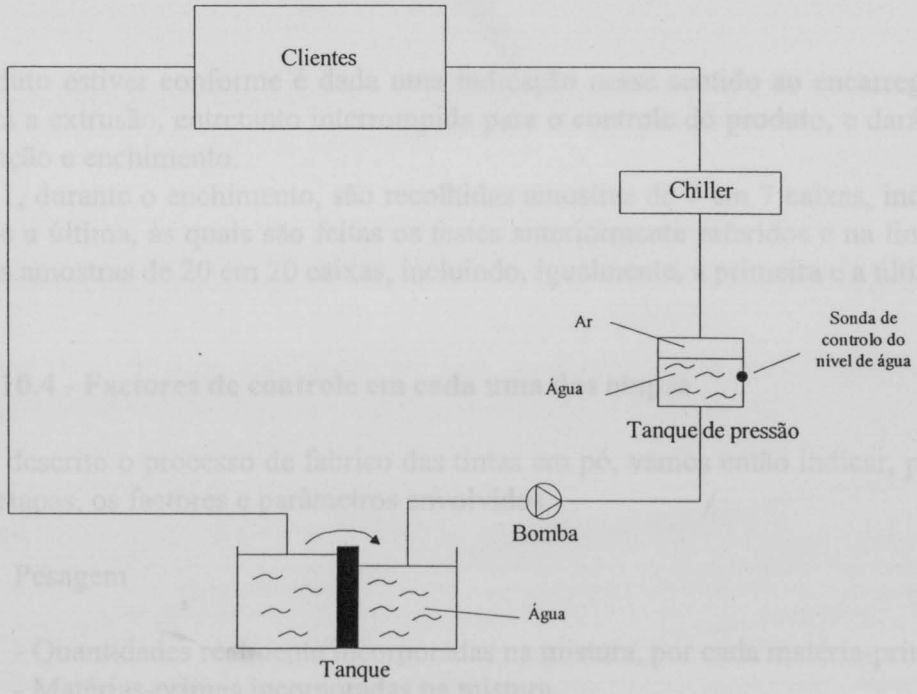


Figura 2.18 - Circuito de arrefecimento fechado

2.10.3 - Interface entre o fabrico e o laboratório de inspecção final

Este laboratório tem como função detectar qualquer desvio na qualidade do produto final, evitando, assim, que produtos não conformes cheguem aos clientes. Seguidamente vamos descrever de uma forma resumida a forma como este laboratório interactua com a produção.
No início de cada fabrico o produto, após passar pela extrusora e antes de atingir o moinho, é controlado pelo laboratório de inspecção final. Aqui, são feitos testes tanto ao nível da aparência como ao nível das propriedades mecânicas do produto final. Em todos eles, sem excepção, os valores encontrados terão que satisfazer os limites impostos pelo boletim de controlo do produto em causa.
São realizados os seguintes testes:

Descrição	Norma
Aderência	NP 1903
Aspecto película	FTMS 4541
Brilho 20, 60, 85	ISSO 2813
Cor	NCIN 083
Índice de fluidez	NCIN 002
Flexibilidade mandril	ASTM D 522
Granulometria / Tritorga	NCIN 001
Resistência ao choque	ASTM D 2794
Resistência à riscagem	NCIN 117
Embutimento	NP 2375

Tabela 2.4 - Testes de controlo de qualidade

Se o produto estiver conforme é dada uma indicação nesse sentido ao encarregado que continuará a extrusão, entretanto interrompida para o controle do produto, e dará início à micronização e enchimento.
Na linha 1, durante o enchimento, são recolhidas amostras de 7 em 7 caixas, incluindo a primeira e a última, às quais são feitas os testes anteriormente referidos e na linha 2 são recolhidas amostras de 20 em 20 caixas, incluindo, igualmente, a primeira e a última.

2.10.4 - Factores de controle em cada uma das etapas

Uma vez descrito o processo de fabrico das tintas em pó, vamos então indicar, para cada uma das etapas, os factores e parâmetros envolvidos.

1. Pesagem

- Quantidades realmente incorporadas na mistura, por cada matéria-prima;
- Matérias-primas incorporadas na mistura.

2. Pré-mistura

- Ordem de introdução das matérias-primas no misturador;
- Tempo de mistura em cada agitador;
- Velocidade de mistura em cada agitador.

3. Extrusão

- Temperatura do fuso;
- Temperatura das mesas, 1 e 2;
- Temperatura do produto;
- Temperatura da banda de arrefecimento;
- Potência consumida pelo brabender;
- Rotações por minuto do brabender;
- Potência consumida pela extrusora;
- Rotações por minuto da extrusora;
- Amperagem na extrusora;
- Energia específica consumida na extrusão;
- Temperatura dos termopares, zona 1 e 2;
- Quantidade extrudida;
- Caudal verificado durante a extrusão.

4. Micronização

- Caudal do ar;
- Temperatura do ar;
- Velocidade de alimentação da pastilha;
- Velocidade do separador;
- Amperagem no moinho;
- Quantidade micronizada;
- Caudal verificado durante a micronização;
- Diferença de pressão nos filtros.

5. Enchimento

- Peso final das caixas.

Alguns destes parâmetros são registados nas fichas de fabrico que seguidamente se mostram. Por cada ordem de fabrico é preenchida uma ficha de fabrico.

CIN DQ RCE

REGISTO DAS CONDIÇÕES DE EXTRUSÃO

DATA / TEMPO	ZONAS AQUECIMENTO / ARREFECIMENTO (EXTRUSORA) WK / Z1 / Z2 / TD / TB	BRABENDER	EXTRUSORA	TEMPERATURAS	OBSERVAÇÕES
início - 10.30 fim - 10.40	10	7.2	400 43 80	127	
início 11.15	9	7.2	400 46 85	124	
14.00	7	7.2	400 45 80	118	
16.00	8	7.2	400 44 80	119	
FINAL 16.15					
16.20					QUANTIDADE: 2.705 K6
					DÉBITO:

1640

OPERADOR:

PRODUTO: 72-550-9110

OF: 260891

ABREVIAÇÕES:

TB: TEMPERATURA DA BANDA
WK: TEMPERATURA DO FUSO
Z1: TEMPERATURA DAS MESAS
K: TEMPERATURA TERMOPARES
TP: TEMPERATURA DO PRODUTO
QW: ROLOS DA BANDA
KB: BANDA DE ARREFECIMENTO
n: VELOCIDADE
N: POTÊNCIA
A: AMPERAGEM
e: ENERGIA ESPECÍFICA DE EXTRUSÃO

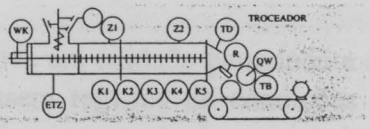


Figura 2.19 - Ficha de fabrico da extrusão

CIN DQ RCM

REGISTO DAS CONDIÇÕES DE MICRONIZAÇÃO

HORA	VOLUME AR m³/h	TEMPERATURA °C	VELOCIDADE DE ALIMENTAÇÃO	VELOCIDADE SELECTOR VARIADOR VELOCID.	TAQUÍMETRO	AMPERAGEM	DÉBITO INSTANTÂNEO	OBSERVAÇÕES
E13H3D	70.9	21	MAXIMO	76	1962	40		
F13H35	11	11	11	11	11	11		
E13H55	69.6	22	MAXIMO	76	1962	40		
F16H30	11	11	11	11	11	11		

PRODUTO: 72-550-9110
OF: 260891
QUANTIDADE: 2705-2664
DÉBITO:

REGISTO VENTILADOR:
VELOCIDADE ROTOR:
DESCARGA PRODUTO:
PRESSÃO AZO: 2
DEPRESSÃO FILTROS:
TAMANHO FILTROS:

LIMPEZA 1643 0
HORA / INÍCIO:
HORA / FIM:

Figura 2.20 Ficha de fabrico da micronização

CAPÍTULO 3

Desenho de Experiências

3.1 - Introdução

A análise exaustiva feita anteriormente sobre as tintas em pó, desde o seu nascimento, incluindo as razões que motivaram o seu surgimento, passando pelas suas principais características, composição, campos de aplicação, modos de aplicação, equipamento e processo de fabrico, era imprescindível. Na realidade, quando se pretende controlar o aparecimento de não conformes, tentando, ao mesmo tempo, relacioná-los com as condições de funcionamento que os originaram é fundamental possuir-se um conhecimento profundo de todo o processo, do equipamento e do produto. No entanto, isso não basta, é necessário também que existam condições e capacidades para, durante o fabrico, e se possível "on-line", **controlar** e **visualizar** os parâmetros e factores envolvidos em cada etapa do processo produtivo.
Foi neste sentido que, durante os 6 meses de estágio, houve um cuidado permanente em solucionar todos os pequenos problemas que envolvessem registos de condições de fabrico. Assim, numa primeira fase, foi restabelecido o funcionamento dos registadores de potência das extrusoras e do mostrador da diferença de pressão nos filtros do moinho da linha 2.
As funções e importância de ambos são seguidamente apresentadas.

- Registadores de potência

Registam o consumo, em Kw, das extrusoras ao longo do tempo, dando, assim, uma informação bastante importante da forma como as extrusoras estão a funcionar.
Na figura 3.1 está representada uma curva indicadora de problemas na extrusora, que poderão ser motivados por:

- formação de pontes na tremonha do doseador;
- excessiva humidade na pré-mistura;
- rácio velocidade/output da extrusora não óptimo;
- pré-mistura heterogénea;
- colmatação do produto nas paredes internas da extrusora;
- etc.

Na figura 3.2 apresenta-se uma curva ideal.

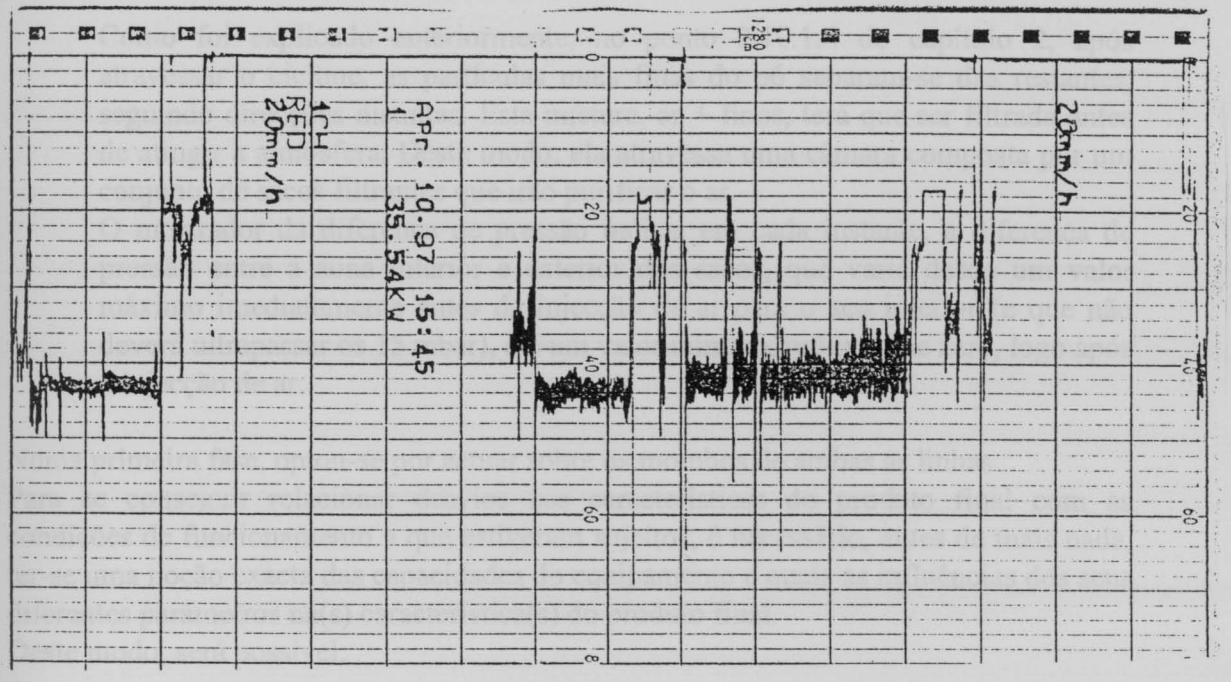


Figura 3.1 - Indicação de possíveis problemas

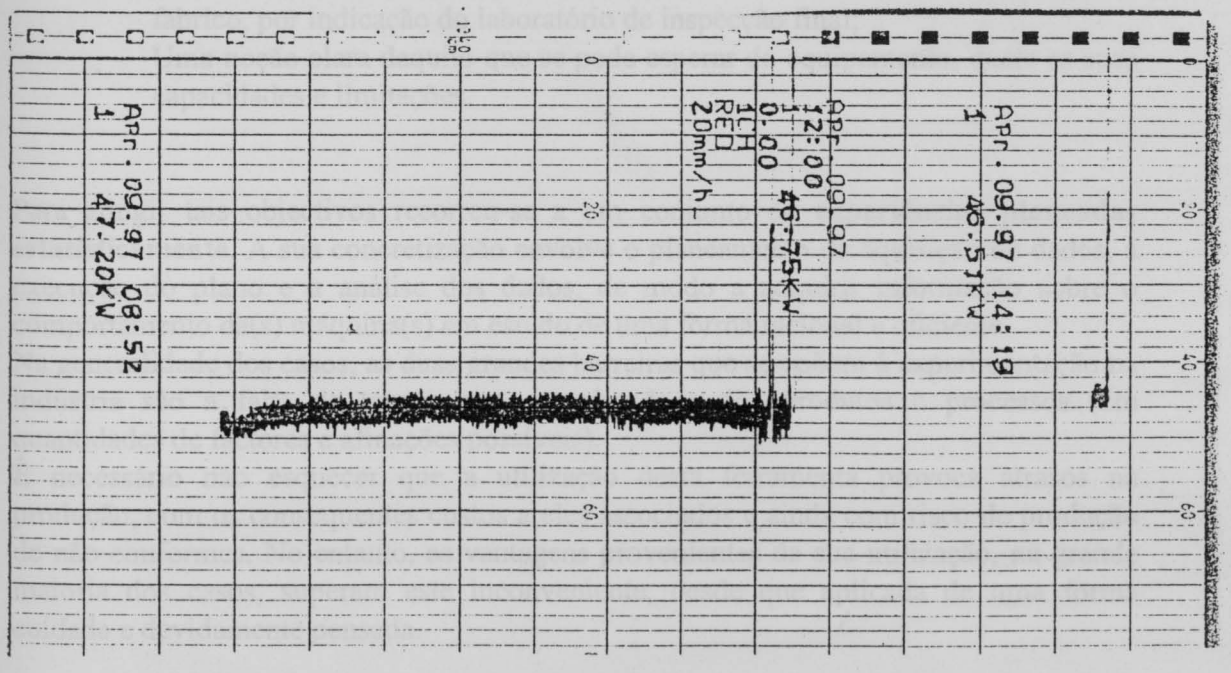


Figura 3.2 - Curva ideal

- Mostrador da diferença de pressão nos filtros

Como foi explicado anteriormente, no ponto 2.10.1.4 do capítulo 2, após atravessar o ciclone, as partículas mais finas do pó separam-se das restantes, seguindo direcções distintas. Esta mistura, ar + finos, terá que ser filtrada antes de atingir a atmosfera. Deste modo, ela atravessa uma câmara composta por um conjunto de sacos filtrantes que irão purificar o ar.
O mostrador da diferença de pressão indica, em cada instante, a diferença de pressão entre a zona interior e exterior dos sacos, que varia desde um valor máximo imediatamente antes da injecção de ar para o seu interior (e que não deverá ultrapassar os 15 mbar), até um valor mínimo, próximo de zero, logo após a injecção de ar.

Numa primeira fase, optou-se por actuar sobre os moinhos de ambas as linhas.
Para se conseguir relacionar desvios nas características do produto final com as condições de funcionamento a que estiveram sujeitos, é necessário, antes de mais nada, ter-se uma noção exacta das capacidades do equipamento e quais as influências dos seus diferentes parâmetros na(s) característica(s) do produto final.
Deste modo, será possível:

- Uma optimização dos factores de controle do equipamento, no que respeita à qualidade do produto final;
- Uma regulação do equipamento mais rápida, eficaz e segura, independentemente desta ser feita no início de cada fabrico, ou durante o fabrico, por indicação do laboratório de inspecção final;
- Uma noção clara daquilo que se pode esperar do equipamento, quais as suas capacidades e limitações.

Para atingir tais objectivos recorreu-se a um conjunto de **experiências planeadas estatisticamente**. A sua concretização envolve o planeamento da aquisição de dados, a execução do plano e a análise dos dados, de modo a adquirir informação sobre o comportamento da(s) máquina(s) em estudo de uma forma racional e eficiente.
Na generalidade dos casos, as duas grandes barreiras que se opõem à experimentação na indústria são a falta de tempo e a complexidade dos produtos e processos (em quantidades de factores e afinações possíveis).
È necessário não esquecer que a utilização desta ferramenta provoca atrasos na produção, com os consequentes custos a eles associados e ainda com risco de produção de não conformes. No entanto, as vantagens provenientes da sua utilização, na grande maioria dos casos, superam este inconveniente, desde que aplicada de uma forma cuidada e devidamente pensada.

3.2 - Melhoria da capacidade do processo

A capacidade do processo dá-nos uma ideia da robustez do mesmo e traduz, para um processo de fabrico devidamente centrado, a probabilidade de produzir peças dentro das tolerâncias.
A melhoria da capacidade do processo pode ser efectuada segundo duas escolas:

- **a Clássica:** Descobrir a causa da variação excessiva (o factor de ruído responsável) e investir de maneira a mantê-lo sob controle. Inclui a substituição do equipamento por outro de maior precisão.

- **a Engenharia da Qualidade:** Experimentar nova combinação de factores controláveis mais resistentes ao ruído. O investimento é muito menor e está associado ao esforço de experimentação.

No Japão, ao contrário do que tem vindo a ser seguido no Ocidente, a melhoria da capacidade do processo é feita sobretudo com base no conceito da Engenharia da Qualidade. A tendência actual mostra que cada vez mais o Ocidente, apercebendo-se das suas grandes vantagens, procura seguir essa filosofia.
No caso presente, como foi referido e devidamente fundamentado, optou-se por seguir a filosofia baseada na Engenharia da Qualidade.

3.3 - Análise ABC

Na generalidade constata-se que existe um número pequeno de produtos que contribuem para uma grande percentagem dos custos totais anuais, enquanto que um grande número de produtos contribui apenas para uma pequena percentagem dos custos totais anuais.
A análise ABC é uma técnica simples mas que se tem revelado como uma ferramenta de gestão de grande valor na identificação dos produtos de maior importância. Esta análise consiste em classificar os produtos em três grandes grupos, (A, B e C) de acordo com a maior ou menor contribuição destes para o valor dos custos anuais. Os grupos são definidos da seguinte forma:

- Produtos **A** - São aqueles produtos que contribuem com uma grande percentagem dos custos mas que representam uma pequena fracção dos produtos;

- Produtos **C** - São aqueles produtos que contribuem com uma pequena percentagem dos custos mas que representam um elevado número de produtos;
- Produtos **B** - São os produtos que não são nem **A** nem **C**.

Tipicamente, as percentagens usadas para a classificação ABC são as seguintes:

Classe	% de produtos	% do custo anual
A	10 - 30	70 - 80
C	> 50	5 - 15

Esta análise foi então realizada relativamente ao ano de, 1996, tendo em consideração não os custos, mas sim a produção anual, pois, por um lado a recolha de dados relativamente à produção anual é simples e por outro, não existem grandes diferenças em termos de custo - *Anexo 3*

Da sua análise podemos concluir que, apenas 15.33% do total de produtos fabricados no ano transacto foram responsáveis por, nada mais nada menos do que 75.14% da produção total anual. Ainda mais relevante é o facto de apenas um produto, o 725009110, ter sido responsável por 17.37% da produção total anual.

3.4 - Desenho de experiências

3.4.1 - Sumário

Os níveis de aplicação e os benefícios do desenho de experiências na indústria são crescentes. Neste texto, é inicialmente introduzido o conceito de factorial completo a dois níveis, pelo facto de este ser de simples compreensão e a partir daqui é desenvolvido o método de análise dos efeitos principais e interacções. O conceito de factorial fraccionado é seguidamente apresentado com todas as suas vantagens e inconvenientes.

3.4.2 - Introdução

No texto que seguidamente se apresenta não se define nenhum conceito novo. Em vez disso, pretende-se dar ênfase aos métodos de Taguchi, mostrando formas simples de desenvolver experiências planeadas estatisticamente e que correspondem às necessidades da produção industrial.

Hoje é impossível falar-se de experiências industriais sem fazer referência ao nome de Taguchi. A ideia que serve de base ao método por ele desenvolvido é a de que, na maioria dos casos, o mais importante é minimizar a variação de performance à volta do valor médio. Sendo assim, o objectivo principal será o de se atingir uma produção **robusta** que seja insensível a variações de factores incontroláveis, o **ruído**.

3.4.3 - Terminologia

i) Experiência

Envolve um experimentador que escolhe certos factores para estudo, faz variar esses factores de uma maneira controlada e observa os efeitos das suas acções.

ii) Factor

Variável a ser estudada na experiência. Pode ser quantitativa (temperatura, pressão, etc.) ou qualitativa (tipo de máquina, tipo de material, etc.). Pode ser controlável, quando é possível determinar qual irá ser o seu valor, ou de ruído, quando não é económico fixar o seu valor.

iii) Nível

Nível é um valor que determinado factor pode tomar e que está a ser estudado na experiência. Por exemplo, se pretendermos estudar o efeito de 4 temperaturas então estamos na presença de um factor com 4 níveis.

iv) Resposta

É a característica funcional de interesse e também designada por resposta do sistema pois depende dos factores em estudo. Por exemplo, o factor temperatura quando passa do seu nível 1 (100ºC) para o seu nível 2 (150ºC), provoca uma alteração na tensão de rotura do material, de 14 para 8 newtons.

v) Efeito

Variação na resposta provocada por uma variação unitária do factor em estudo.

vi) Interacção

Variação na resposta devido a uma variação unitária numa combinação linear de dois, ou mais, factores.

O objectivo das experiências é o de estimar os valores dos efeitos dos factores envolvidos assim como das interacções existentes. A técnica estatística de análise de

variância, que será posteriormente explicada, é usada para testar se os efeitos dos factores principais e interacções encontrados são reais, isto é, se são estatisticamente significativos ou se ocorreram por acaso.

3.4.4 - Experiências - variando um de cada vez *versus* variando todos ao mesmo tempo

A forma tradicional de se conduzirem experiências industriais consiste em variar um factor de cada vez, mantendo todos os outros constantes. A ineficiência deste método foi há muito reconhecida e o uso de técnicas bastante mais eficientes de variação de todos os factores ao mesmo tempo vieram substitui-las.
Consideremos o seguinte exemplo em que queremos examinar o efeito de quatro factores (A, B, C e D) considerando uma única resposta.

Numa experiência do tipo um de cada vez, assumindo que seriam necessárias 8 respostas para o estudo do efeito de cada nível dos factores sobre a resposta temos:

A1 B1 C1 D1 (8 vezes) (para criar uma medida base)
A2 B1 C1 D1 (8 vezes) (para medir o efeito de A)
A1 B2 C1 D1 (8 vezes) (para medir o efeito de B)
A1 B1 C2 D1 (8 vezes) (para medir o efeito de C)
A1 B1 C1 D2 (8 vezes) (para medir o efeito de D)

- total de 5 combinações diferentes e 40 medições.

Considerando agora uma técnica diferente em que cada experiência realizada é utilizada para a análise de todos os factores em simultâneo temos:

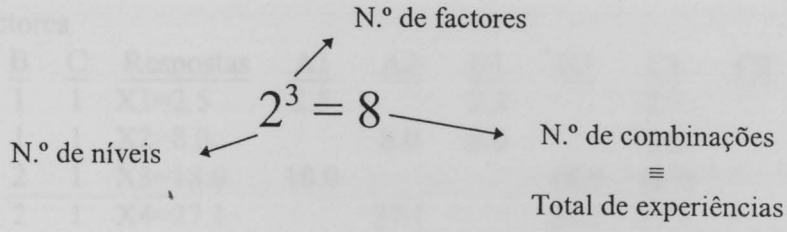
		A1		A2	
		C1	C2	C1	C2
B1	D1	*	*	*	*
	D2	*	*	*	*
B2	D1	*	*	*	*
	D2	*	*	*	*

Cada * representa uma experiência. Assim sendo, este método origina, tal como no anterior 8 experiências em cada nível. Deste modo, temos exactamente a mesma quantidade de informação que no caso anterior só que, enquanto no anterior tínhamos um total de 40 experiências, neste apenas temos 16. Estes planos são chamados de **factorial completo**. Mais abaixo vamos mostrar como é possível extrair informação adicional acerca da combinação dos factores (interacções) ou incluir mais factores num

mesmo plano, isto é, com um mesmo número de experiências requeridas. Numa situação extrema, será possível analisar k factores com apenas (k+1) experiências.
De seguida vamos apresentar um exemplo que inclui apenas factores com dois níveis.

3.4.5 - O factorial completo a dois níveis

O factorial completo a dois níveis consiste em analisar todas as combinações possíveis dos níveis dos vários factores.
A notação utilizada para descrever este tipo de planos é a seguinte



Assim sendo, o exemplo anterior representa um plano 2^4.
O plano experimental pode ser construído recorrendo ao seguinte algoritmo:

- 1º factor: alternar 1's com 2's até ao teste n.º 8.
- 2º factor: alternar dois 1's com dois 2's até ao teste n.º 8.
- 3º factor: alternar quatro 1's com quatro 2's até ao teste n.º 8.
- 4º factor: .....oito em oito.
- 5º factor: .....dezasseis em dezasseis.
- 6º factor: .....

Num plano 2^3 teríamos:

	Factores			
N.º do teste	A	B	C	Respostas
1	1	1	1	X1
2	2	1	1	X2
3	1	2	1	X3
4	2	2	1	X4
5	1	1	2	X5
6	2	1	2	X6
7	1	2	2	X7
8	2	2	2	X8

Depois de definido o plano recolhem-se os dados.

3.4.6 - Análise das médias no factorial completo

3.4.6.1 - Efeitos principais

O efeito estimado para cada factor é igual ao resultado da subtracção da média dos resultados do factor no seu nível mais alto pela média no seu nível mais baixo. No caso de um plano 2^3 o efeito será obtido subtraindo o resultado da diferença por 4, uma vez que temos 4 observações por cada nível de factor.

Exemplo:

	Factores									
N.º do teste	A	B	C	Respostas	A1	A2	B1	B2	C1	C2
1	1	1	1	X1=2.5	2.5		2.5		2.5	
2	2	1	1	X2=8.0		8.0	8.0		8.0	
3	1	2	1	X3=18.0	18.0			18.0	18.0	
4	2	2	1	X4=27.1		27.1		27.1	27.1	
5	1	1	2	X5=3.4	3.4		3.4			3.4
6	2	1	2	X6=8.6		8.6	8.6			8.6
7	1	2	2	X7=18.0	18.0			18.0		18.0
8	2	2	2	X8=28.6		28.6		28.6		28.6

	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Soma nível 1 :	41.9		22.5		55.6	
Soma nível 2 :		72.3		91.7		58.6
Média 1 :	10.5		5.6		13.9	
Média 2 :		18.1		22.9		14.7

Assim, para cada factor temos os seguintes efeitos:

	A	B	C
Nível 1	10.5	5.6	13.9
Nível 2	18.1	22.9	14.7
Efeitos	7.6	17.3	0.8

O efeito principal significa, então, que, passar do nível 1 para o nível 2 proporciona um aumento (diminuição se o efeito for negativo) na resposta média global igual ao valor do efeito.

3.4.6.2 - Interacções

Poder-se-ia ser levado a pensar que toda a informação possível teria sido extraída no exemplo anterior. No entanto, isto não é verdade; existem ainda outras possibilidades que têm que ser analisadas.
Pode acontecer que os factores, quando combinados com outros, produzam efeitos não presentes quando examinados individualmente. Tal pode ser investigado comparando os efeitos quando eles estão a "trabalhar" juntos - A1 e B1, A2 e B2 - com aqueles que se verificam quando estão em "oposição" - A1 e B2, A2 e B1.
Do exemplo anterior e para a interacção entre o factor A e B temos:

Total para A1 B1 = 5.9

Total combinado = 61.6

Total para A2 B2 = 55.7

Total para A1 B2 = 36

Total combinado = 52.6

Total para A2 B1 = 16.6

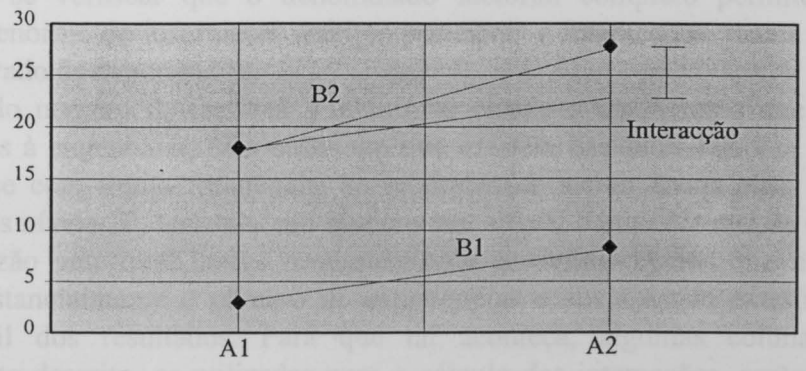
O efeito da interacção será, então: (61.6/4) - (52.6/4) = 2.25

Representando as médias num gráfico temos:

Média para A1 B1 = 5.9/2 = 2.95
Média para A2 B2 = 55.7/2 = 27.85

Média para A1 B2 = 36/2 = 18
Média para A2 B1 = 16.6/2= 8.3

Interacção A * B



O gráfico representa a interacção que existe entre os factores A e B. Podemos reparar na diferença de comportamento de A, conforme B está no seu nível 1 ou 2, as rectas não são paralelas.

Quando B é 1, o efeito A é moderado.
Quando B é 2, o efeito A é mais acentuado.
Neste caso diz-se que **A interactua com B**.

Esta não é a única interacção possível entre pares de factores. Qualquer par pode interactuar, pelo que deveríamos analisar todos os outros possíveis pares de uma forma semelhante - A * C e B * C.
Há também a possibilidade de interacções envolvendo três factores, A * B * C, e por aí adiante, no caso de estarmos a analisar um maior número de factores. Na prática, interacções envolvendo mais do que 2 factores não são avaliadas, a não ser que existam boas razões a nível de engenharia para justificar a sua possível presença.
O grande inconveniente deste tipo de planos de experimentação é o de exigir um número elevado de experiências, que aumentam em progressão geométrica com o número de factores a estudar, senão vejamos:

$2^3 = 8$, $2^4 = 16$, $2^5 = 32$, $2^6 = 64$, $2^7 = 128$,... $2^{11} = 2048$

Para planos com 3 níveis por factor, a situação é ainda mais complicada:

$3^3 = 27$, $3^4 = 81$, $3^5 = 243$, $3^6 = 729$, $3^7 = 2187$,... $3^{11} = 177147$

Este problema limita o uso destes planos a 4, 5 factores no máximo, já que o n.º de testes a realizar torna-se incompatível com a actividade industrial.
Face ao exposto, facilmente se percebe que o plano ideal seria aquele que unisse as vantagens do factorial completo a uma redução do número de testes a efectuar.

3.4.7 - Redução do número de experiências

Acabou de se verificar que o denominado factorial completo permite obter uma quantidade enorme de informação, efeitos principais e interacções, mas à custa de um número elevado de experiências.
A escolha do número de factores a incluir no estudo é um assunto que diz respeito muitas vezes à engenharia. Nos casos em que existem bastantes factores plausíveis, o que acontece com muita frequência, se se pretender incluir todos eles, mesmo num estudo a dois níveis, 2^n, teríamos um número inaceitável e impraticável de experiências.
É esta a razão pela qual houve necessidade de se definir planos que nos permitem reduzir substancialmente o número de experiências e ainda assim extrair informação bastante útil dos resultados. Para que tal aconteça, algumas colunas do plano anteriormente descrito, as utilizadas para o cálculo das interacções, serão usadas com um fim mais nobre, ou seja, o de estudar o efeito principal de mais alguns factores. Este tipo de planos designa-se por **factorial fraccionado**.

3.4.8 - Factorial fraccionado

Considere-se, por exemplo, uma experiência onde se deseja investigar 4 factores. Um factorial completo exigiria $2^4 = 16$ experiências. Assumindo que existem restrições significativas de tempo, custo, etc., que tornam desejável a execução de apenas 8 experiências, esta situação não seria compatível com um factorial completo. Pode-se, no entanto, conseguir essas 8 experiências se estivermos à partida dispostos a perder alguma informação, respeitante a uma das interacções. A menos que haja razões bastante fortes para não o fazer, é costume seleccionar a maior ordem de interacção existente como aquela cuja informação será sacrificada.
Seguindo o exemplo anterior, começa por se desenhar uma matriz 2^3, para depois se introduzir o quarto factor nessa mesma matriz, fazendo-o variar da mesma forma que a interacção anteriormente existente, A * B * C. Deste novo factor, D, diz-se que está **confundido** com a interacção ABC. O termo confundir significa que não é possível separar os efeitos principais dos novos factores dos efeitos das interacções representadas na coluna em causa.
O grande benefício da utilização de factores confundidos foi, neste caso, o de permitir a obtenção de informação sobre 4 efeitos principais, assim como sobre algumas interacções, com apenas metade do esforço experimental do exigido por um factorial completo. O inconveniente desta operação é o de, no caso de qualquer efeito principal parecer ter um efeito significativo na resposta, haver sempre a possibilidade de este ter sido causado pela interacção entretanto confundida. A decisão sobre qual o verdadeiro responsável pela variação significativa na resposta, se o factor principal ou se a interacção, neste caso ABC, será dada pelos engenheiros responsáveis ou então por posteriores experiências.
A matriz 2^3 encontra-se reproduzida abaixo, com a interacção ABC substituída pelo efeito principal D. Diz-se, neste caso, que se trata de uma matriz 2^{4-1}.

N.º do teste	A	B	C	AB	AC	BC	D	Respostas
1	1	1	1	2	2	2	1	X1
2	2	1	1	1	1	2	2	X2
3	1	2	1	1	2	1	2	X3
4	2	2	1	2	1	1	1	X4
5	1	1	2	2	1	1	2	X5
6	2	1	2	1	2	1	1	X6
7	1	2	2	1	1	2	1	X7
8	2	2	2	2	2	2	2	X8

Factorial fraccionado 2^{4-1} com o efeito principal D confundido com a interacção ABC

Nota :
- De maneira a facilitar o cálculo dos efeitos principais e das interacções é possível desenvolver o plano factorial base, tal como foi feito anteriormente, acrescentando-lhe as colunas codificadas correspondentes às interacções.

- As colunas das interacções foram criadas a partir dos sinais das colunas principais A, B e C, usando as regras que se seguem (aplicáveis a qualquer conjunto de 2 colunas):

A		B		A x B
1	x	1	⇒	1
2	x	1	⇒	2
1	x	2	⇒	2
2	x	2	⇒	1

O conjunto de experiências requeridas, 8, encontra-se na figura seguinte, estando aquelas representadas por um asterisco.

		A1		A2	
		C1	C2	C1	C2
B1	D1	*			*
	D2		*	*	
B2	D1		*	*	
	D2	*			*

Figura 3.3 - Matriz 2^{4-1}

Taguchi simplificou a utilização destas matrizes, ditas ortogonais, através da definição de uma biblioteca básica de matrizes que podem ser usadas em muitas situações experimentais.

3.4.9 - Gráficos lineares

Uma matriz ortogonal pode ser usada para estudar o efeito principal de tantos factores quanto o número de colunas da matriz. Neste caso, diz-se que a matriz fica completamente saturada.
No entanto, se se suspeitar da existência de interacções pode-se reservar algumas colunas para o seu estudo. Esta escolha faz-se recorrendo ao uso dos gráficos lineares que estão associados às matrizes ortogonais. Os gráficos lineares são, então, usados para facilitar a escolha de factores e interacções em planos complexos.
Consideremos uma matriz ortogonal $\mathbf{L_8}$, isto é $2^3 = 8$. Cada ponto do gráfico linear representa uma coluna da matriz. A linha que une 2 pontos representa a coluna onde se encontra a interacção entre os 2 pontos unidos. Por exemplo, se o factor A for associado ao ponto 1 e o factor B ao ponto 4, então a linha que os une, identificada pelo número 5, corresponde à coluna onde se irá encontrar a interacção entre os dois factores.

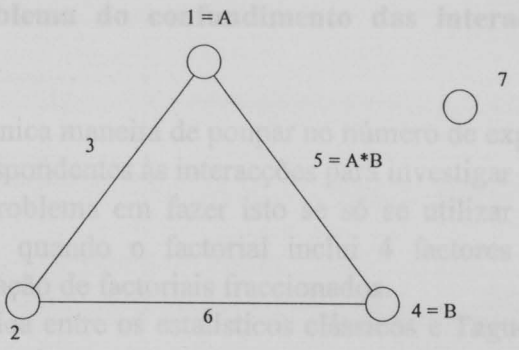


Figura 3.4 - Gráfico linear da matriz L_8

3.4.10 - Graus de liberdade de uma matriz

O número total de graus de liberdade, gl, de uma matriz dá-nos indicação da quantidade de informação que é possível obter sobre o efeito de cada factor.
Um factor com 2 níveis tem sempre 1 gl pois o efeito consiste numa diferença entre 2 valores. A única informação que podemos tirar é que o efeito é linear, pois não existem pontos intermédios que refutem esta hipótese.
No caso de um factor com 3 níveis o n.º de gl's é 2, pois existem 2 diferenças possíveis. Estas diferenças permitem verificar se o factor tem um efeito não linear (quadrático).

De uma forma geral, um factor tem sempre um número de graus de liberdade dado por:

gl = n.º de níveis - 1

Este conceito será mais tarde importante para o cálculo da variância do factor, ou seja, da média dos quadrados das diferenças.
O número total de gl de uma matriz é igual ao somatório dos gl de cada coluna, e igual ao número de experiências menos 1.
Quando estamos perante uma interacção, os seus gl são calculados multiplicando os gl dos factores intervenientes:

gl (A*B) = gl A * gl B.

3.4.11 - Factores com mais do que dois níveis

Os princípios básicos do desenho de experiências podem ser estendidos a mais do que dois níveis para alguns ou todos os factores. A principal razão para a sua utilização é a possibilidade de se verificar uma resposta não linear, com um máximo ou mínimo local entre os dois níveis escolhidos.

3.4.12 - O problema do confundimento das interacções com os efeitos principais

Até agora viu-se que a única maneira de poupar no número de experiências a realizar era utilizar as colunas correspondentes às interacções para investigar novos factores.
Normalmente não há problema em fazer isto se só se utilizar as interacções entre 3 factores (ou superiores quando o factorial inclui 4 factores ou mais). Os planos resultantes têm a designação de factoriais fraccionados.
Existe uma certa polémica entre os estatísticos clássicos e Taguchi, na medida em que este advoga o uso de matrizes saturadas, enquanto que os clássicos aconselham a não desprezar as interacções entre 2 factores.
Taguchi explica o seu ponto de vista da seguinte forma:

> "O objectivo das suas matrizes é encontrar factores de controle robustos face ao ruído, por isso interessa-lhe verificar o maior número de factores possíveis."

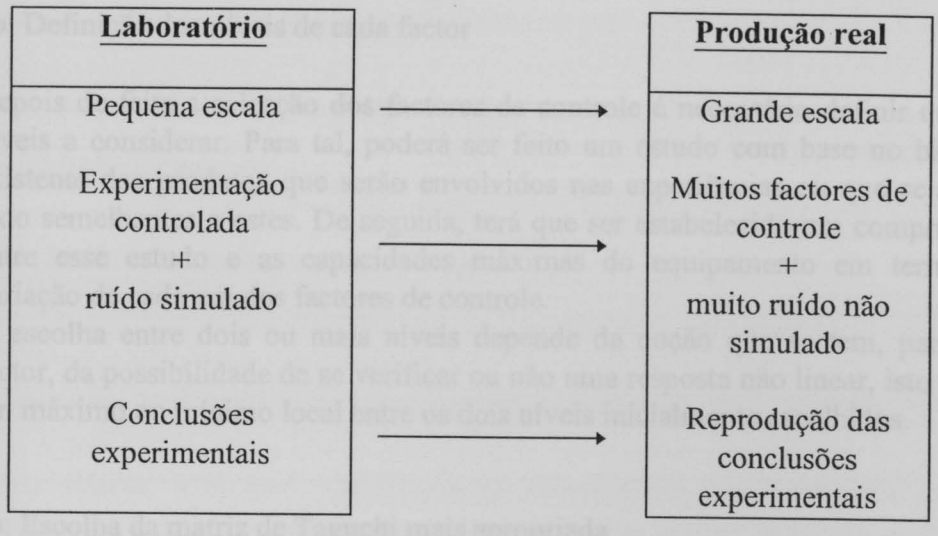
No entanto, ciente dos problemas do confundimento, será aconselhável tomar as seguintes medidas:

i) Escolher cuidadosamente a característica da resposta a estudar;
ii) Escolher cuidadosamente os níveis a investigar;
iii) Se houver espaço na matriz "vigiar" o efeito de algumas interacções;
iv) Realizar um teste de confirmação após determinar a combinação óptima. Se os resultados esperados não se confirmarem é porque alguma interacção, não considerada, estava presente.

A inclusão de muitos factores numa matriz tem provado, na prática, dar bons resultados a nível de reprodutibilidade das conclusões tiradas em laboratório, face aos resultados posteriormente obtidos em fabrico.

3.4.13 - Diferenças entre laboratório e produção real

É necessário ter sempre presente que os ensaios laboratoriais realizados no desenho de experiências, anteriormente descrito, terão que traduzir situações válidas na produção real, onde vão ser efectivamente postas em prática as conclusões daí tiradas. Deste modo, todos os passos envolvidos no desenvolvimento e execução das experiências terão que ter sempre em atenção que os resultados nelas obtidos devem permanecer válidos em situações de produção real e no meio ambiente do produto e do processo.



3.4.14 - Passos a seguir num desenho de experiências

1º passo: Definição de um objectivo

2º passo: Escolha da(s) característica(s) da resposta que se pretende(m) optimizar

Convém referir que será sempre aconselhável estudar simultaneamente o maior número de respostas possível, desde que faça sentido a sua análise, pois, neste processo todo, a fase mais complicada é a recolha das amostras para medição, uma vez que esta operação envolve atrasos na produção com os consequentes custos a eles associados e ainda riscos de produção de não conformes.

3º passo: Escolha dos factores de controle e interacções a estudar

Este é o passo mais importante de todo este processo, pois por melhor que ele seja feito, se estiver à partida mal concebido, jamais produzirá bons resultados. É o que acontece, por exemplo, com a produção de uma determinada qualidade de tinta em pó se as matérias-primas e/ou as suas quantidades forem mal determinadas, por melhor que seja o seu processo de fabrico e controle, jamais dará origem a um produto de boa qualidade.
Assim, é bastante importante escolher os factores de controle que realmente, ou pelo menos dos quais se tenha a percepção, que afectam de uma forma significativa a(s) variável(eis) de resposta a analisar. Nesta escolha, como não podia deixar de ser, o factor experiência tem um papel bastante importante, a par de um conhecimento profundo do equipamento e do produto em causa.
É necessário também haver bom senso nessa escolha, pois seria impraticável e inviável uma escolha detalhada e pormenorizada de todos os factores que influenciam o processo, por pouco que seja.
A escolha das interacções a estudar é, na maioria dos casos, feita unicamente com base na experiência e nos conhecimentos anteriormente referidos.

4º passo: Definição dos níveis de cada factor

Depois de feita a selecção dos factores de controle é necessário definir quais os níveis a considerar. Para tal, poderá ser feito um estudo com base no histórico existente dos produtos que serão envolvidos nas experiências ou que sejam em tudo semelhantes a estes. De seguida, terá que ser estabelecido um compromisso entre esse estudo e as capacidades máximas do equipamento em termos de variação de cada um dos factores de controle.
A escolha entre dois ou mais níveis depende da noção que se tem, para cada factor, da possibilidade de se verificar ou não uma resposta não linear, isto é, com um máximo ou mínimo local entre os dois níveis inicialmente escolhidos.

5º passo: Escolha da matriz de Taguchi mais apropriada

Como se viu, a cada matriz corresponde um determinado número de graus de liberdade associados. Assim sendo, e uma vez determinado o número de graus de liberdade necessários, é escolhida a matriz de Taguchi que tenha o menor n.º de gl e que ao mesmo tempo contenha o valor anteriormente calculado.

6º passo: Afectação dos efeitos principais e das interacções às colunas da matriz

Esta operação é facilitada recorrendo aos gráficos lineares anteriormente descritos.

7º passo: Definição a matriz de experiências

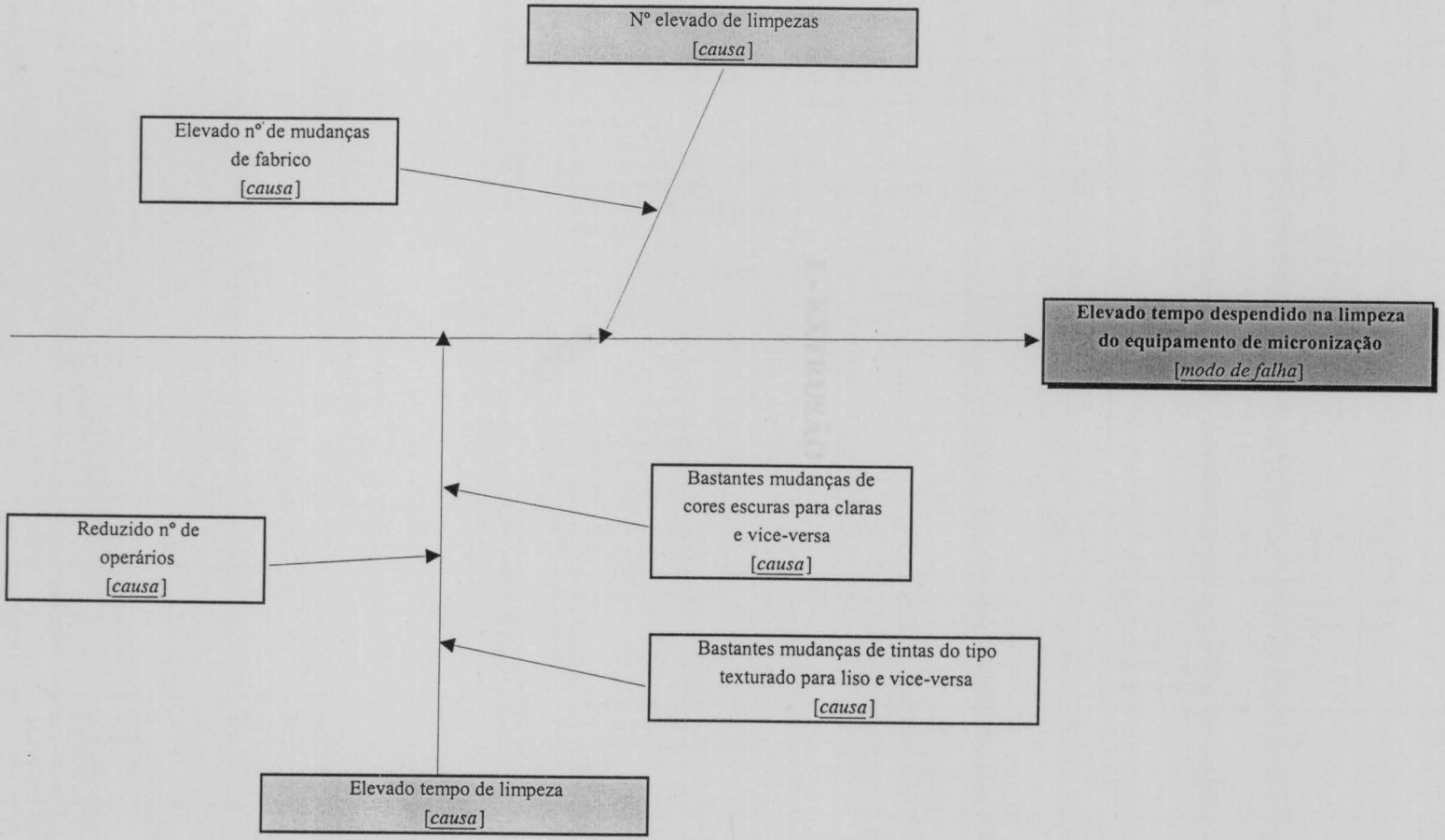
Aqui, apenas serão substituídos os níveis da matriz de Taguchi pelos valores a eles associados e que foram anteriormente definidos. Ver 4º passo.

8º passo: Cálculo da(s) resposta(s) das experiências

Nesta fase as amostras são recolhidas, sendo as experiências efectuadas por uma ordem **totalmente aleatória**. Posteriormente, serão feitas as medições desejadas por forma a serem obtidas as respostas pretendidas.

9º passo: Desenho dos gráficos dos valores médios de cada factor para cada nível
Desenho dos gráficos das interacções

Este passo permite, de uma forma visual, instantânea e ao mesmo tempo mais compreensível, identificar os factores principais e interacções significativas.


Nº elevado de limpezas
[causa]
Elevado nº de mudanças de fabrico
[causa]
Elevado tempo despendido na limpeza do equipamento de micronização
[modo de falha]
Bastantes mudanças de cores escuras para claras e vice-versa
[causa]
Reduzido nº de operários
[causa]
Bastantes mudanças de tintas do tipo texturado para liso e vice-versa
[causa]
Elevado tempo de limpeza
[causa]

3.5 - Aplicação prática

3.5.1 - Desenho de experiências L_9

Uma vez explicadas as razões que levaram à escolha desta ferramenta, assim como o seu modo de aplicação, estamos preparados para a pôr em prática.
Relembremos antes de mais o objectivo a que nos propusemos na introdução deste capítulo. Ele incluía um melhor conhecimento e capacidade de actuação sobre os **moinhos** de ambas as linhas, de forma a permitir um melhor controle das características do produto final. Senão vejamos, se a determinada altura pretendermos obter um valor X para uma característica específica do produto final, saberemos à partida, após este estudo, a forma como deverá decorrer esse mesmo fabrico e como deverá ser regulado o equipamento.
Daqui para a frente iremos seguir os passos tal como foram anteriormente estruturados.

1º passo: Definição de um objectivo

O objectivo corresponde àquele acabado de descrever. Interessa referir, no entanto, que este estudo não poderia, como é lógico, ser efectuado para todas as famílias de produtos produzidas pela CIN. Da análise ABC já realizada escolheram-se os produtos mais importantes de cada linha de produção, podendo os resultados obtidos a partir deles serem extrapolados para produtos semelhantes.
Assim, para a linha 1, escolhemos o produto com o código **725006200** e, para a linha 2, o **725009110**.

2º passo: Escolha da(s) característica(s) de resposta que se pretende(m) optimizar

Aqui houve o cuidado de se seleccionar um vasto campo de respostas, das quais fizeram parte as seguintes características do produto final:

- % partículas < 10E-06 m;
- % partículas > 100E-06 m;
- % partículas [35E-06 , 50E-06] m;
- desvio padrão do tamanho das partículas;
- índice de fluidização do pó;
- aspecto da chapa.

As quatros primeiras variáveis de resposta dizem respeito ao tamanho médio do pó, à sua granulometria. Esta medição é feita de uma forma fácil e instantânea com a ajuda de um equipamento específico para o efeito, denominado Malvern.
O tamanho do pó é uma característica importante do produto final, pois uma granulometria excessivamente grossa, acima de 100E-06 m, provoca traz bastantes dificuldades de aplicação, uma vez que complica a aquisição de carga por parte das partículas individuais, dado que a superfície por unidade de área diminui à medida que o

tamanho do pó aumenta. Por outro lado, o aspecto resultante, após a sua aplicação, será mau, com excessiva *"casca de laranja"*, para além de o rendimento da aplicação ser baixo, pois muitas das partículas cairão, por acção da força da gravidade, antes de atingirem o substracto.
No caso de uma granulometria excessivamente fina, abaixo dos 10E-06 m, o rendimento da aplicação será bastante baixo, mais do que no caso anterior, pois estas partículas durante o seu trajecto até ao substracto são facilmente desviadas por uma corrente de ar, por mais pequena que esta seja.
A experiência tem mostrado que o tamanho ideal do pó ronda os **40E-06 m.**
No extremo, a situação ideal seria termos o pó todo com o mesmo tamanho e igual a 40E-06 m. No *anexo 2* apresentamos o aspecto de uma curva ideal, com a indicação dos seus limites admissíveis.
O índice de fluidização mede a capacidade do pó ser absorvido, transportado e projectado pelas pistolas. Um pó com um baixo índice de fluidização será dificilmente recolhido e transportado pelas pistolas destinadas a aplicá-lo, desgastando mais rapidamente estas, com o aumento do atrito e a acumulação do pó junto às paredes.

3º passo: Escolha dos factores de controle e interacções a estudar

Os factores de controle que se considerou terem influência nas características do produto final a estudar foram:

i) **Caudal de ar** no interior dos moinhos, responsável pelo transporte do produto desde a sua entrada neste até ao enchimento das caixas - **CAr** (m^3/min.);

ii) **Velocidade de alimentação** do produto no moinho - **VAl**;

iii) **Rotações do separador** no interior da câmara de moagem - **RSe** (r.p.m.)
iv) **Temperatura do ar** [(1)] descrito em i) - **TAr** (*ºC*).

Nota: Esta temperatura é lida imediatamente antes do ar entrar em contacto com o produto dentro do moinho.

Quanto às interacções optou-se por as ignorar, principalmente porque havia a percepção que elas eram praticamente inexistentes. Por outro lado, esta operação traduziu-se num ganho de tempo considerável motivado pela redução significativa do número de experiências a realizar como veremos posteriormente.

4º passo: Definição dos níveis para cada factor

Foram escolhidos três níveis por factor por se suspeitar de um comportamento não linear de algumas respostas face a variações destes factores.

O valor para cada um desses níveis foi determinado com base no histórico existente relativamente às condições de funcionamento dos produtos envolvidos - ver *anexo 5*.

Temos então:

Linha 1

Nível	CAR (m^3/min)	VAl	RSe (rpm)	TAr (ºC)
1	18	Mínima	1600	16
2	22	Média	1800	18
3	27	Máxima	2000	22

Linha 2

Nível	CAR (m^3/min)	VAl	RSe (rpm)	TAr (ºC)
1	65	Mínima	1700	18
2	60	Média	1900	20
3	74	Máxima	2000	22

5º passo: Escolha da matriz de Taguchi mais apropriada

Calculando o número de graus de liberdade necessários para o estudo temos:

4 factores com 3 níveis cada $\Rightarrow 4 * (3 - 1) = 8$ gl

A matriz de Taguchi L_9 (3^4) tem exactamente 8 graus de liberdade, pois possui 4 colunas, cada uma a três níveis e 2 gl. Logo, será esta a matriz utilizada para ambas as linhas.

	Coluna			
Ensaio	**1**	**2**	**3**	**4**
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

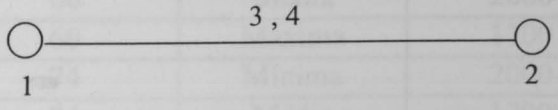


Figura 3.5 - Matriz e gráfico linear da L_9

6º passo: Afectação dos efeitos principais e interacções às colunas da matriz

Esta operação consiste simplesmente em atribuir a cada factor principal uma coluna.

CAr - coluna 1
VAl - coluna 2
RSe - coluna 3
TAr - coluna 4

Linha 1 e Linha 2

Ensaio	CAr (m^3/min)	VAl	RSe (rpm)	TAr (ºC)
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

7º passo: Definição da matriz de experiências

Linha 1

Ensaio	CAr (m^3/min)	VAl	RSe (rpm)	TAr (ºC)
1	18	Mínima	1600	16
2	18	Média	1800	18
3	18	Máxima	2000	22
4	22	Mínima	1800	22
5	22	Média	2000	16
6	22	Máxima	1600	18
7	27	Mínima	2000	18
8	27	Média	1600	22
9	27	Máxima	1800	16

Linha 2

Ensaio	CAr (m^3/min)	VAl	RSe (rpm)	TAr (ºC)
1	65	Mínima	1700	18
2	65	Média	1900	20
3	65	Máxima	2000	22
4	60	Mínima	1900	22
5	60	Média	2000	18
6	60	Máxima	1700	20
7	74	Mínima	2000	20
8	74	Média	1700	22
9	74	Máxima	1900	18

A partir deste ponto a análise relativamente às linhas 1 e 2 será feita individualmente, tal como aconteceu na realidade.
Começou-se pelo moinho da linha 1, ACM 15, que envolvia o produto com o código 725006200.

8º, 9º e 10º passos - ver *anexo 6* para ambas as linhas.

Linha 1

11º passo: Definição dos óptimos teórico e económico

Uma vez determinados os efeitos de cada factor sobre as variáveis de resposta e o seu peso na variação total, o que nos permite destinguir entre factores significativos e não significativos, vamos escolher a sua combinação óptima.
A definição deste óptimo não pode ser feito tentando optimizar-se todas as respostas consideradas simultaneamente, pois muitas delas "correm em sentidos opostos". Assim, só será optimizada aquela que se considera mais importante. Apesar do aspecto ser a característica mais importante, a forma subjectiva como esta foi quantificada levou-nos a não a escolher. Optamos, então, por optimizar a % de partículas < 10E-06 m.

Óptimo teórico = Óptimo económico = **CAr3** ; **RSe2** ; **TAr3** ; **VAl3**.

O único factor não significativo, VAl, foi colocado no nível 3, pois é aqui que se obtém um maior caudal de produto à saída do moinho, aumentando o rendimento desta operação.
A igualdade entre o óptimo teórico e o óptimo económico só não se verificaria se o factor de controle VAl, velocidade de alimentação da pastilha, não fosse máxima, pois, no momento actual, essa é uma exigência da produção.

12º passo: Previsão do valor a obter para a combinação considerada óptima

% partículas < 10E-06 m = Média + (CAr3 - Média) + (RSe2 - Média) + (TAr3 - Média)
= 11.69 + (10.627 - 11.69) + (10.947 - 11.69) + (10.743 - 11.69)
= **8.937 %**

13º passo: Ensaio do óptimo e sua comparação com a previsão

Resultados obtidos

% partículas < 10E-06 m	% partículas > 100E-06 m	% partículas [35, 50] E-06m	Desvio padrão	Índice fluidização
11.264	8.531	17.119	33.191	159.97

Nota: Esta experiência não foi realizada com o produto para o qual foi elaborado o desenho de experiências, mas sim com um semelhante, em termos de composição e condições de produção, o 725008014, uma vez que a produção do 725006200 já tinha terminado.

Os 11º, 12º e 13º passos relativos à linha 2 encontram-se no *anexo 7.*

Linha 1 e Linha 2

14º passo: Conclusões

Fraca reprodutibilidade. No entanto, na linha 1, o resultado obtido é ligeiramente melhor que o resultante das condições de funcionamento actuais, figura 3.6.
Possíveis razões para esta fraca reprodutibilidade:

- Fraca aditividade. Equivale à existência de interacções entre factores, que não foram verificadas;
- Terem sidos seleccionados poucos factores de controle. Outros houve que se manifestaram durante o teste de confirmação. Significa que falhamos um, ou mais, factores significativos, o que não me parece ter sido o caso;
- Os efeitos calculados podem ter sido fruto do acaso. Talvez devido aos níveis estarem muito próximos.

O desenho de experiências para a linha 2 foi efectuado de forma semelhante à analisada. A única diferença reside no facto de não incluir como resposta o aspecto da chapa pelas razões já expostas.
As conclusões a que chegamos foram em tudo semelhantes às acima descritas, ver figura 3.7.
A decisão tomada de imediato foi repetir o estudo, analisando, desta vez, algumas interacções e alargando alguns níveis, nomeadamente o da temperatura do ar uma vez que o chiller foi, entretanto, arranjado.
Durante a realização do desenho de experiências seguinte encontramos o verdadeiro motivo para esta fraca reprodutibilidade. No L_9 a recolha das amostras não foi feita toda no mesmo dia, mas sim durante três dias. Do mesmo modo, as medições foram feitas no final de cada dia. Acontece o seguinte, o equipamento que mede a granulometria do pó é bastante sensível, isto é, se medirmos um mesmo conjunto de amostras em dois dias diferentes verificamos um ligeiro desfasamento entre os resultados lidos, suficiente, no entanto, para deturpar completamente as conclusões. Assim, daqui por diante, as amostras foram primeiro recolhidas e só depois de completada esta operação, foram todas medidas na mesma altura, eliminando, deste modo, o ruído provocado pela medição, ao qual a produção é completamente alheia.

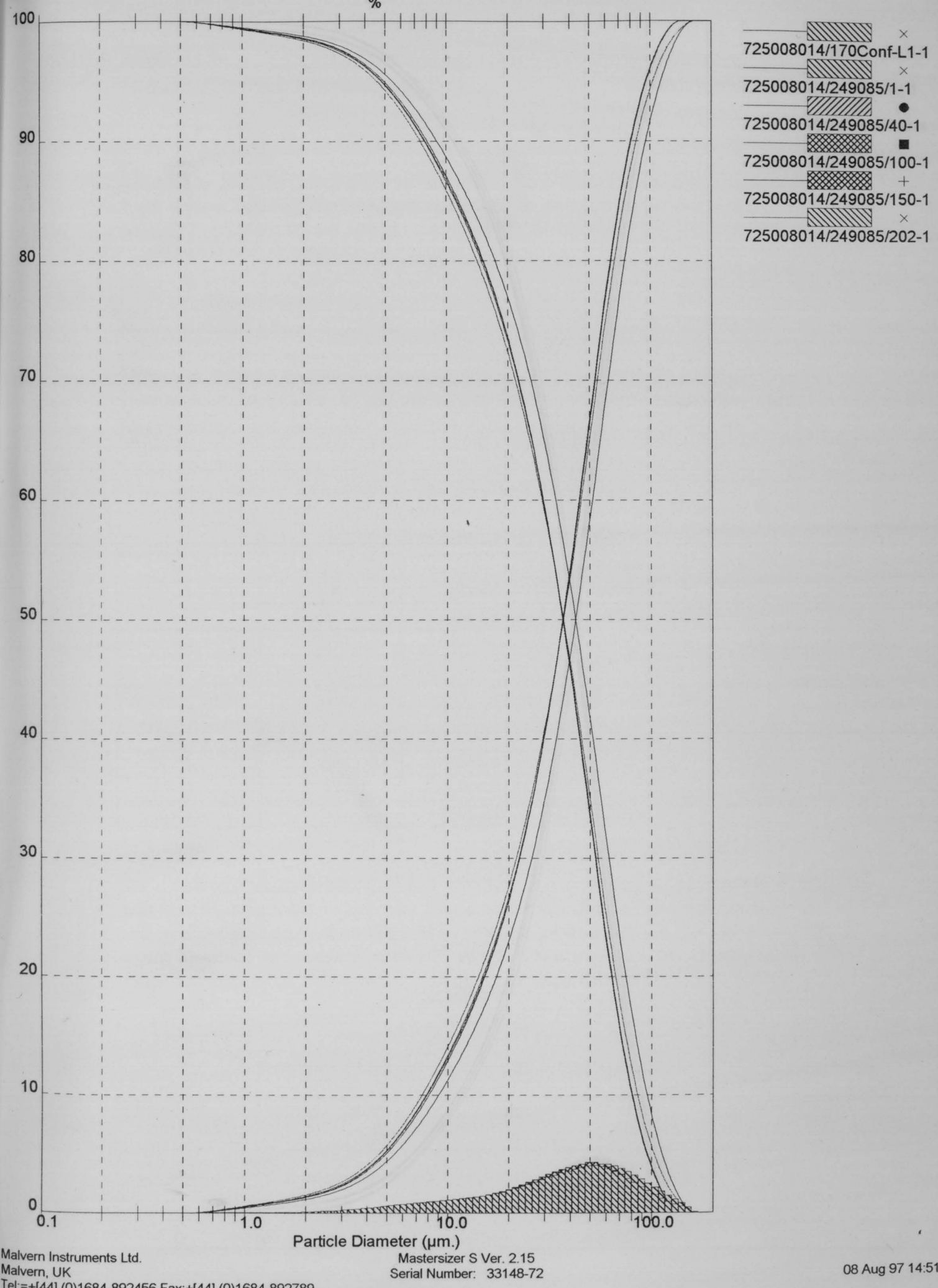


Figura 3.6 - Curva de confirmação para a linha 1, matriz L_9 *versus* Funcionamento corrente

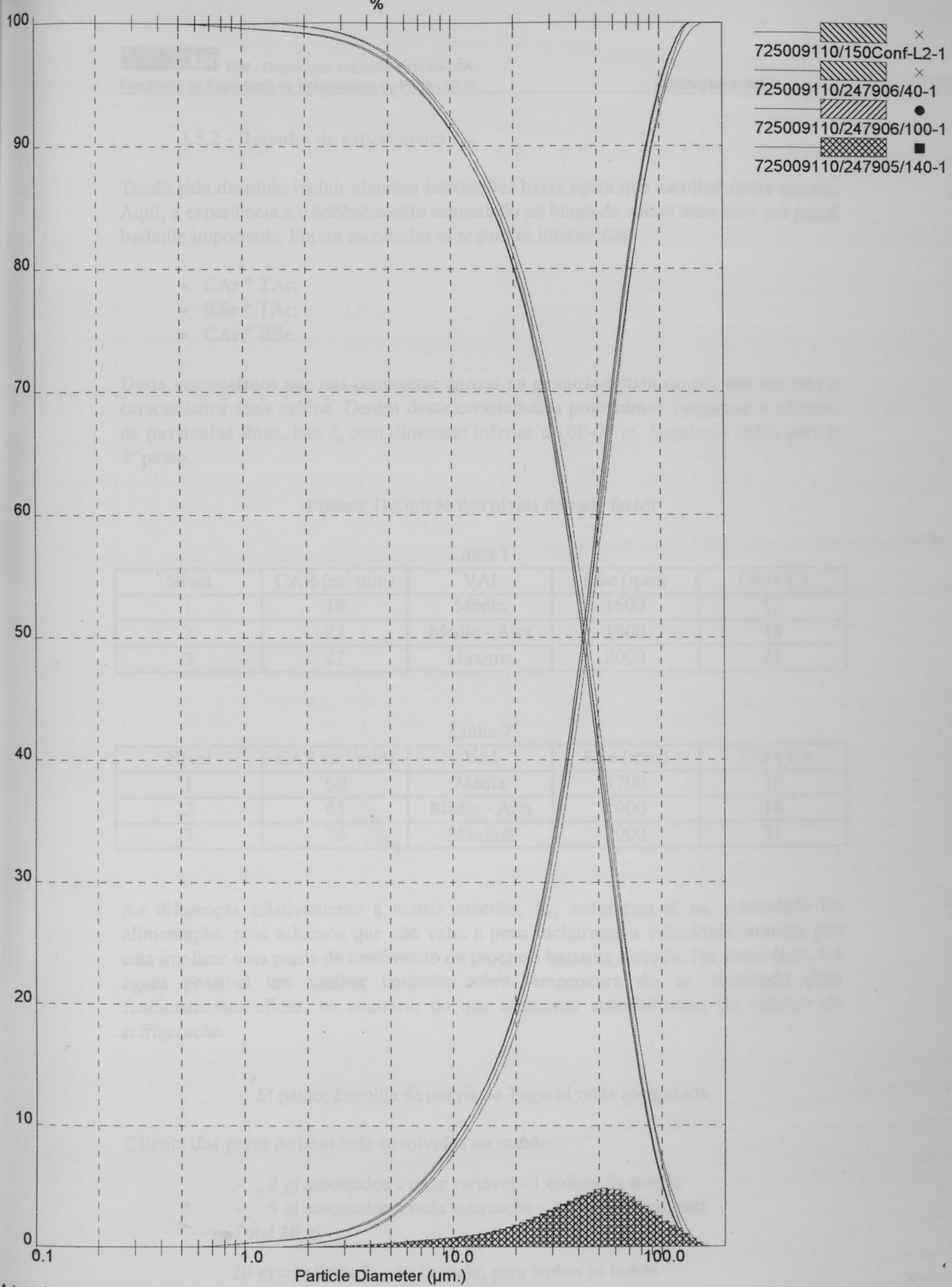


Figura 3.7 - Curva de confirmação para a linha 2, matriz L_9 ve...

corrente

3.5.2 - Desenho de experiências L_{27}

Tendo sido decidido incluir algumas interacções havia agora que escolher quais seriam. Aqui, a experiência e o conhecimento acumulado ao longo de vários anos teve um papel bastante importante. Foram escolhidas as seguintes interacções:

- CAr * TAr;
- RSe * TAr;
- CAr * RSe.

Desta vez optámos por nos concentrar apenas na **granulometria** do pó, por ser esta a característica mais crítica. Dentro desta característica procurámos optimizar o número de **partículas finas**, isto é, com dimensão inferior a 10E-06 m. Seguimos então para o 4º passo.

4ºpasso: Definição dos níveis de cada factor

Linha 1

Nível	CAR (m^3/min)	VAl	RSe (rpm)	TAr (ºC)
1	18	Média	1600	12
2	22	Média - Alta	1800	15
3	27	Máxima	2000	21

Linha 2

Nível	CAR (m^3/min)	VAl	RSe (rpm)	TAr (ºC)
1	60	Média	1700	15
2	65	Média - Alta	1900	18
3	74	Máxima	2000	21

As diferenças relativamente à matriz anterior, L_9, encontram-se na velocidade de alimentação, pois achámos que não valia a pena incluirmos a velocidade mínima por esta implicar uma perda de rendimento do processo bastante elevada. Por outro lado, foi agora possível um melhor controlo sobre temperatura do ar, motivado pelo funcionamento eficaz, ao contrário do que aconteceu anteriormente, do sistema de refrigeração.

5º passo: Escolha da matriz de Taguchi mais apropriada

Cálculo dos graus de liberdade envolvidos no estudo:

- 2 gl associados a cada variável - 1 coluna da matriz
- 4 gl associados a cada interacção - 2 colunas da matriz

Total **20** gl

20 gl $\Rightarrow$ Matriz $\mathbf{L_{27}}$ de Taguchi, para ambas as linhas

Ensaio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4		2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	3
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	2	2	2
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	3	3	3
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1
10	12	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	2
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	2	2
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	1	3
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2

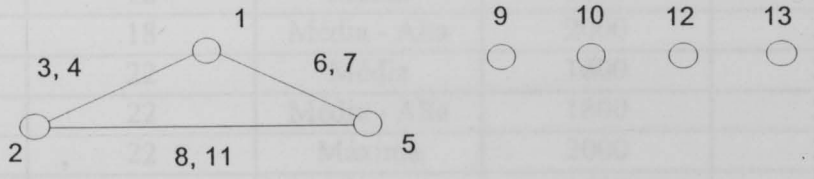


Figura 3.8 - Matriz e gráfico linear da L_{27}

6º passo: Afectação dos efeitos principais e interacções às colunas da matriz

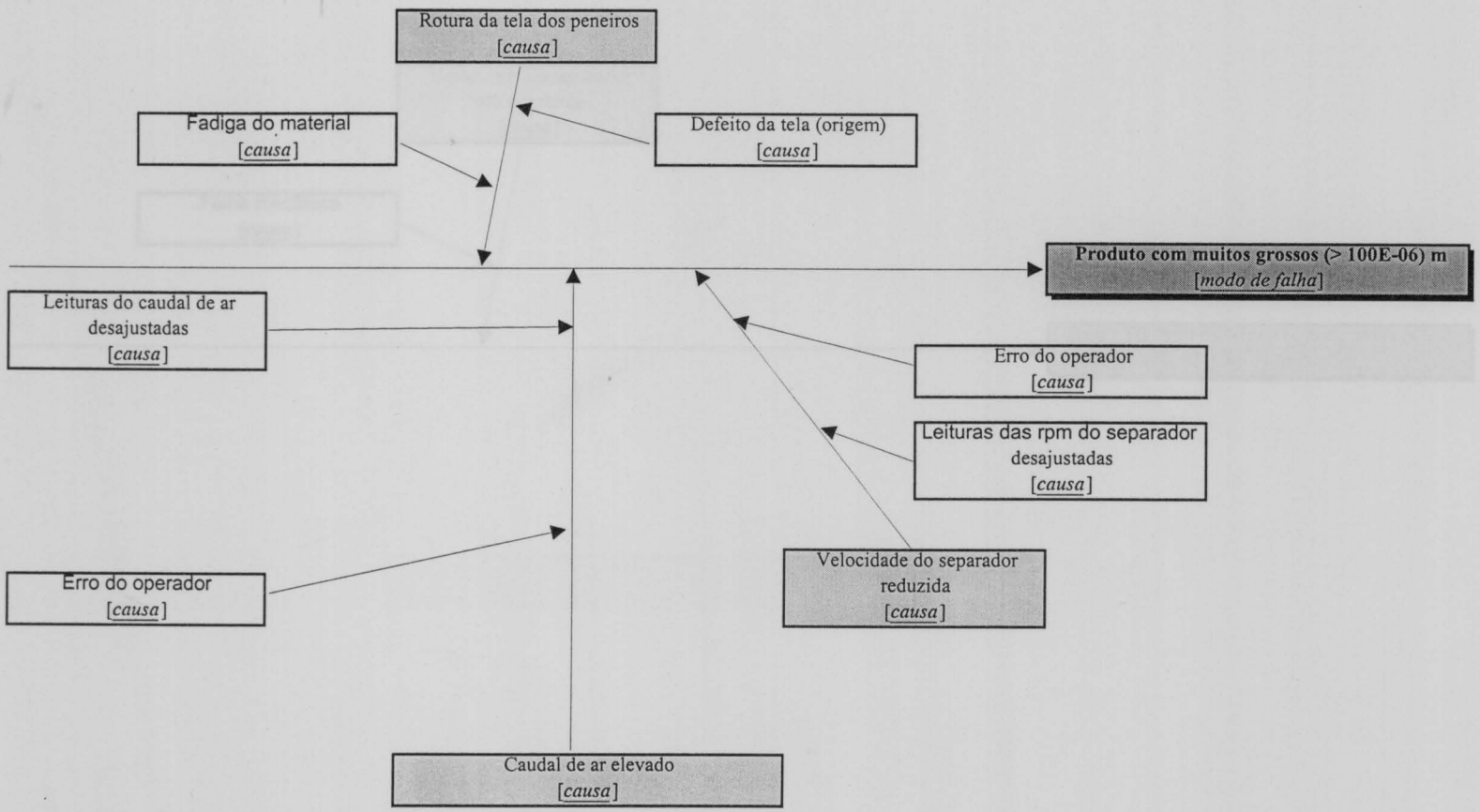
Recorrendo ao gráfico linear da matriz L_{27}, acima representado, fizemos a seguinte afectação, para ambas as linhas:

TAr	-	Coluna 1
CAr	-	Coluna 2
CAr * TAr	-	Colunas 3 e 4
RSe	-	Coluna 5
RSe * TAr	-	Colunas 6 e 7
CAr * RSe	-	Colunas 8 e 11
VAl	-	Coluna 9
Residual	-	Colunas 10, 12 e 13

7º passo: Definição da matriz de experiências

Matriz das experiências - Linha 1

Ensaio	CAr	VAl	RSe	TAr
1	18	Média	1600	12
2	18	Média - Alta	1800	12
3	18	Máxima	2000	12
4	22	Média - Alta	1600	12
5	22	Máxima	1800	12
6	22	Média	2000	12
7	27	Máxima	1600	12
8	27	Média	1800	12
9	27	Média - Alta	2000	12
10	18	Média - Alta	1600	15
11	18	Máxima	1800	15
12	18	Média	2000	15
13	22	Máxima	1600	15
14	22	Média	1800	15
15	22	Média - Alta	2000	15
16	27	Média	1600	15
17	27	Média - Alta	1800	15
18	27	Máxima	2000	15
19	18	Máxima	1600	21
20	18	Média	1800	21
21	18	Média - Alta	2000	21
22	22	Média	1600	21
23	22	Média - Alta	1800	21
24	22	Máxima	2000	21
25	27	Média - Alta	1600	21
26	27	Máxima	1800	21
27	27	Média	2000	21


Rotura da tela dos peneiros
[causa]
Fadiga do material
[causa]
Defeito da tela (origem)
[causa]
Produto com muitos grossos (> 100E-06) m
[modo de falha]
Leituras do caudal de ar desajustadas
[causa]
Erro do operador
[causa]
Leituras das rpm do separador desajustadas
[causa]
Velocidade do separador reduzida
[causa]
Erro do operador
[causa]
Caudal de ar elevado
[causa]

Matriz das respostas - Linha 1

Ensaio	% partículas < 10E-06 m	% partículas > 100E-06 m
1	10,003	6,864
2	11,292	4,076
3	12,444	4,671
4	9,369	8,598
5	10,758	6,712
6	11,595	3,853
7	8,807	13,377
8	9,711	8,185
9	10,311	6,913
10	10,211	6,234
11	11,489	3,752
12	11,786	2,040
13	9,044	10,247
14	11,359	3,974
15	10,725	4,116
16	9,032	11,298
17	9,134	9,070
18	10,069	6,115
19	10,149	6,923
20	11,050	3,861
21	11,569	3,363
22	9,579	7,367
23	10,199	6,844
24	11,183	4,178
25	8,460	10,940
26	8,794	9,482
27	10,790	5,993
Média Global	**10.330**	**6.631**

Matriz das respostas - Linha 2

Ensaio	% partículas < 10E-06 m	% partículas > 100E-06 m
1	6,883	6,565
2	9,947	1,638
3	8,806	3,845
4	6,781	8,352
5	9,056	4,126
6	8,131	3,470
7	6,523	13,043
8	6,848	8,398
9	7,018	7,171
10	7,592	4,833
11	9,013	1,851
12	11,001	0,140
13	7,144	8,483
14	8,205	4,247
15	8,662	3,813
16	6,641	10,782
17	7,739	8,026
18	9,525	4,034
19	8,365	4,575
20	8,684	1,741
21	10,265	1,524
22	7,016	7,886
23	7,949	4,219
24	8,901	3,891
25	6,383	12,949
26	7,744	7,705
27	7,659	6,843
Média Global	**8.092**	**5.709**

9º passo: Desenho dos gráficos dos valores médios de cada factor para cada nível
Desenho dos gráficos das interacções

% PARTÍCULAS < 10E-06 M

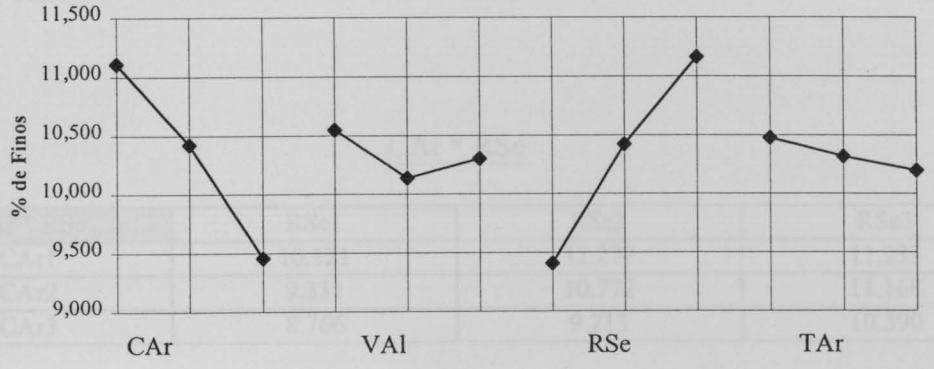
Linha 1

Factores principais

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (ºC)
1	11.110	10.545	9.406	10.477
2	10.424	10.141	10.421	10.317
3	9.456	10.304	11.164	10.197

Média Global = 10.33 %

Análise da % de Finos

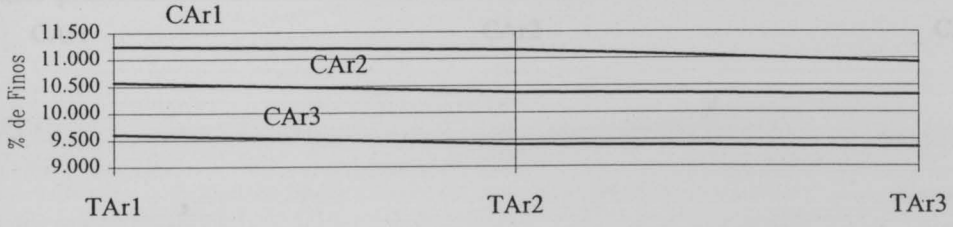


Interacções

TAr * CAr

TAr * CAr	CAr1	CAr2	CAr3
TAr1	11.246	10.574	9.609
TAr2	11.162	10.376	9.412
TAr3	10.922	10.321	9.348

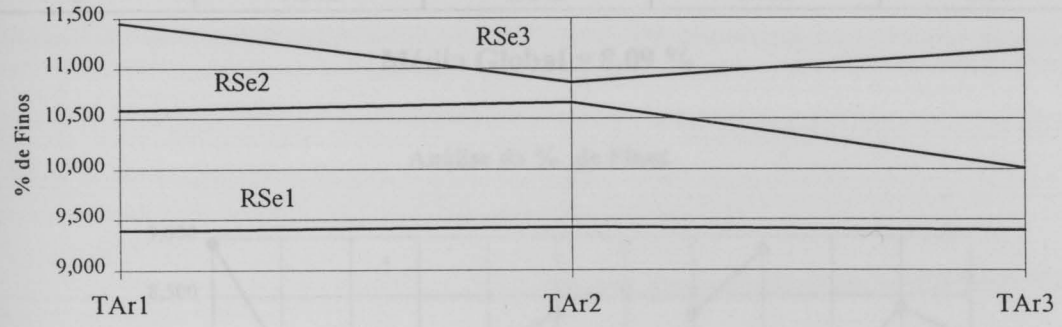
Análise da % de Finos



TAr * RSe

TAr * RSe	RSe1	RSe2	RSe3
TAr1	9.393	10.587	11.450
TAr2	9.429	10.661	10.860
TAr3	9.396	10.014	11.181

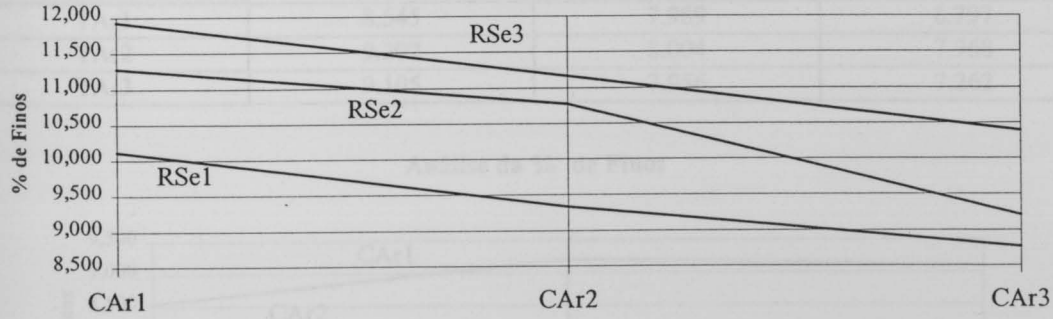
Análise da % de Finos



CAr * RSe

CAr * RSe	RSe1	RSe2	RSe3
CAr1	10.121	11.277	11.933
CAr2	9.331	10.772	11.168
CAr3	8.766	9.213	10.390

Análise da % de Finos



% PARTÍCULAS < 10E-06 M

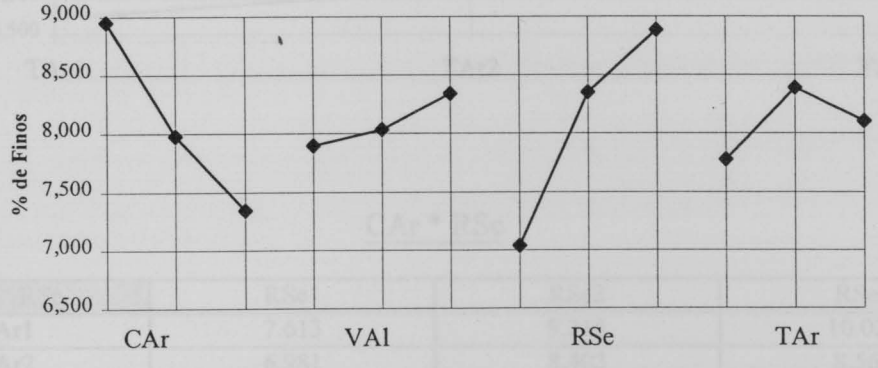
Linha 2

Factores principais

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (ºC)
1	8.951	7.896	7.036	7.777
2	7.983	8.037	8.354	8.391
3	7.342	8.342	8.885	8.107

Média Global = 8.09 %

Análise da % de Finos

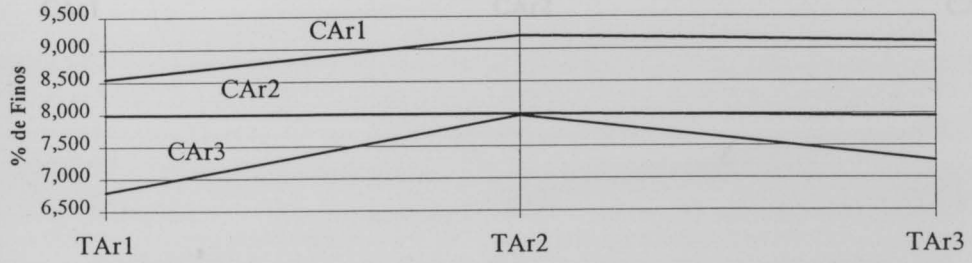


Interacções

TAr * CAr

TAr * CAr	CAr1	CAr2	CAr3
TAr1	8.545	7.989	6.797
TAr2	9.202	8.004	7.968
TAr3	9.105	7.956	7.262

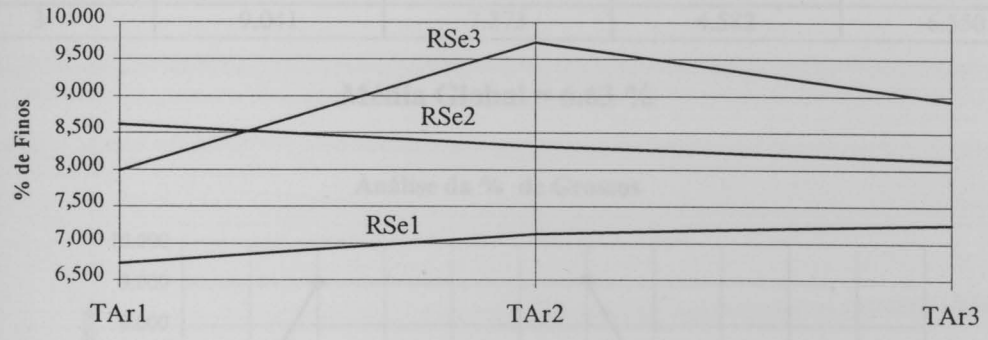
Análise da % de Finos



TAr * RSe

TAr * RSe	RSe1	RSe2	RSe3
TAr1	6.729	8.617	7.985
TAr2	7.126	8.319	9.729
TAr3	7.255	8.126	8.942

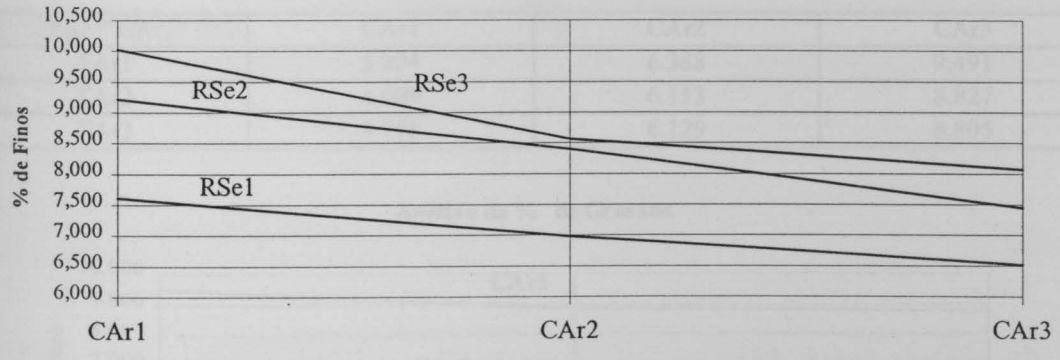
Análise da % de Finos



CAr * RSe

CAr * RSe	RSe1	RSe2	RSe3
CAr1	7.613	9.215	10.024
CAr2	6.981	8.403	8.565
CAr3	6.516	7.444	8.067

Análise da % de Finos



% PARTÍCULAS > 100E-06 M

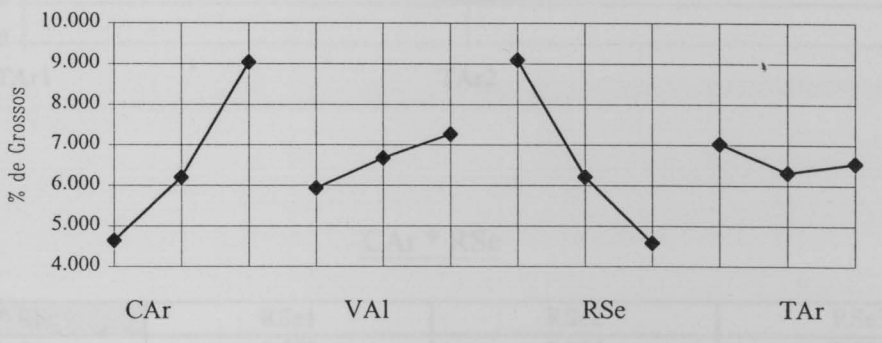
Linha 1

Factores principais

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (ºC)
1	4.643	5.937	9.094	7.028
2	6.210	6.684	6.217	6.316
3	9.041	7.273	4.582	6.550

Média Global = 6.63 %

Análise da % de Grossos

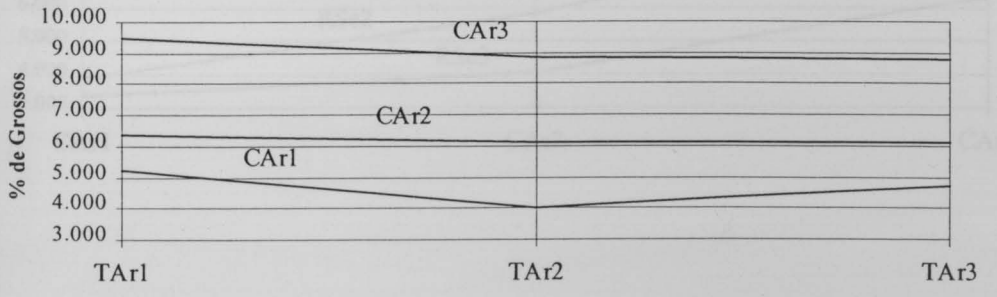


Interacções

TAr * CAr

TAr * CAr	CAr1	CAr2	CAr3
TAr1	5.204	6.388	9.491
TAr2	4.009	6.113	8.827
TAr3	4.716	6.129	8.805

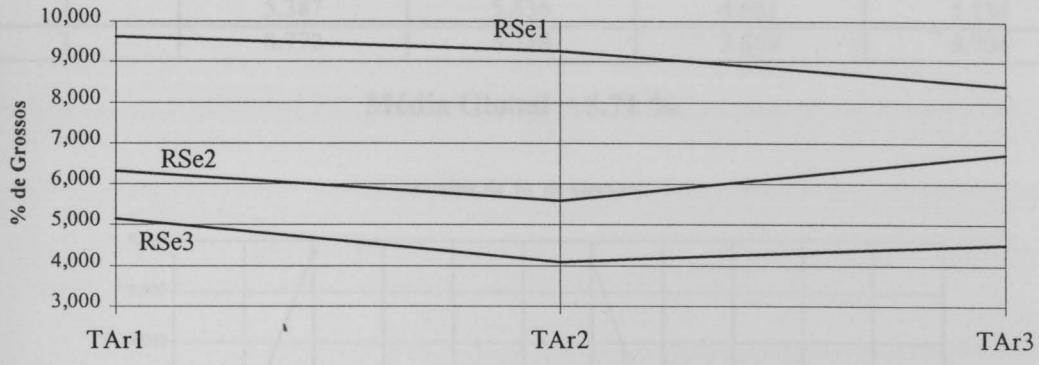
Análise da % de Grossos



TAr * RSe

TAr * RSe	RSe1	RSe2	RSe3
TAr1	9.613	6.324	5.146
TAr2	9.260	5.599	4.090
TAr3	8.410	6.729	4.511

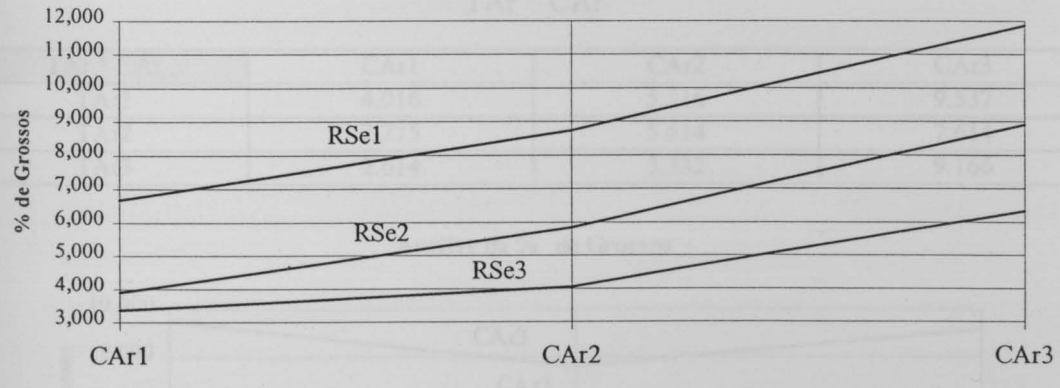
Análise da % de Grossos



CAr * RSe

CAr * RSe	RSe1	RSe2	RSe3
CAr1	6.673	3.896	3.358
CAr2	8.737	5.843	4.049
CAr3	11.872	8.912	6.340

Análise da % de Grossos



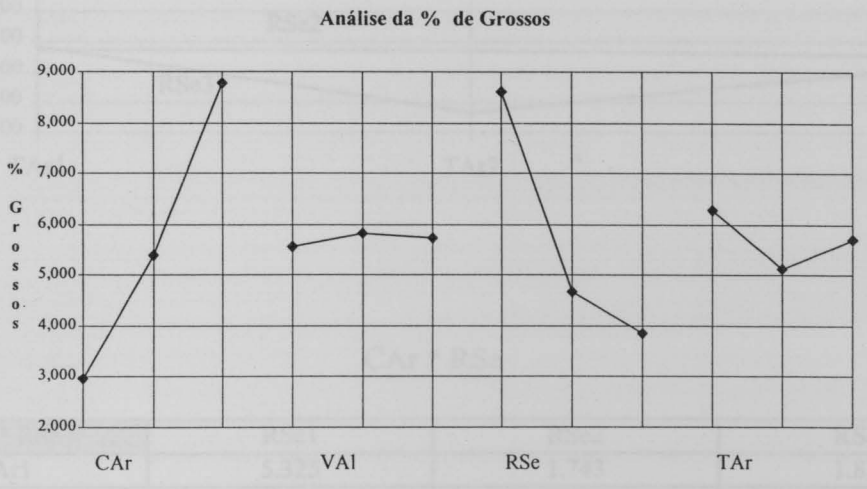
% PARTÍCULAS > 100E-06 M

Linha 2

Factores principais

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (ºC)
1	2.968	5.564	8.608	6.290
2	5.387	5.836	4.661	5.134
3	8.772	5.728	3.859	5.704

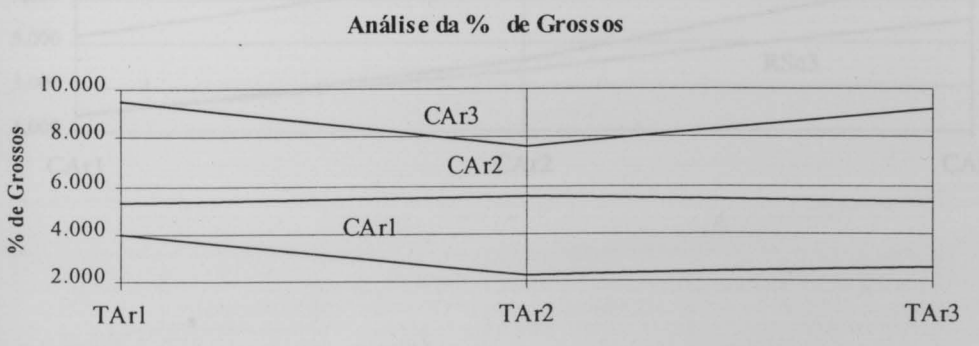
Média Global = 5.71 %



Interacções

TAr * CAr

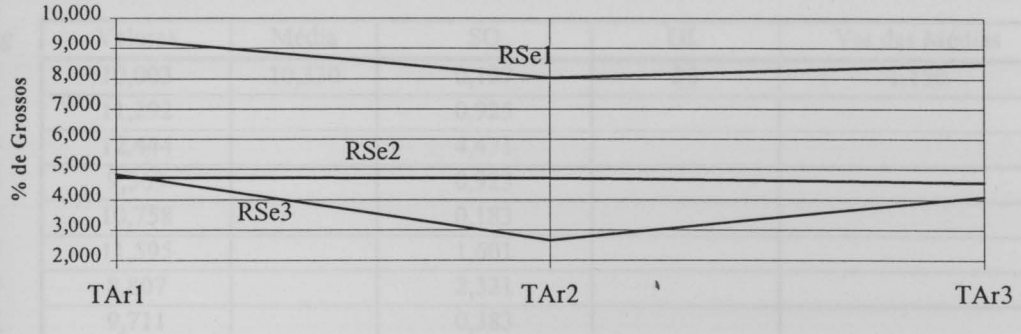
TAr * CAr	CAr1	CAr2	CAr3
TAr1	4.016	5.316	9.537
TAr2	2.275	5.514	7.614
TAr3	2.614	5.332	9.166



TAr * RSe

TAr * RSe	RSe1	RSe2	RSe3
TAr1	9.320	4.721	4.829
TAr2	8.033	4.708	2.662
TAr3	8.470	4.555	4.086

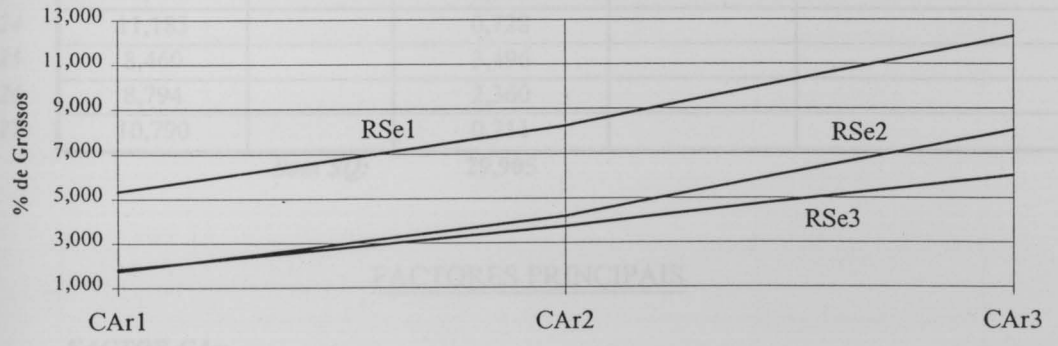
Análise da % de Grossos



CAr * RSe

CAr * RSe	RSe1	RSe2	RSe3
CAr1	5.325	1.743	1.837
CAr2	8.240	4.198	3.725
CAr3	12.258	8.043	6.016

Análise da % de Grossos



10º passo: Desenho da Tabela Anova

Análise dos pesos dos *factores principais* e *interacções* na variância total

% PARTÍCULAS < 10E-06 M

Linha 1

ANÁLISE GLOBAL

Tag	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	10,003	10,330	0,107	26	1,150
2	11,292		0,925		
3	12,444		4,471		
4	9,369		0,923		
5	10,758		0,183		
6	11,595		1,601		
7	8,807		2,321		
8	9,711		0,383		
9	10,311		0,000		
10	10,211		0,014		
11	11,489		1,343		
12	11,786		2,121		
13	9,044		1,654		
14	11,359		1,059		
15	10,725		0,156		
16	9,032		1,685		
17	9,134		1,431		
18	10,069		0,068		
19	10,149		0,033		
20	11,050		0,518		
21	11,569		1,535		
22	9,579		0,563		
23	10,199		0,017		
24	11,183		0,728		
25	8,460		3,496		
26	8,794		2,360		
27	10,790		0,211		
		Som SQ:	**29,905**		

FACTORES PRINCIPAIS

FACTOR CAr:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	11,110	10,330	0,609	2,000	6,214
2	10,424		0,009		
3	9,456		0,763		
		Som SQ:	**12,428**		

FACTOR VAl:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	10,545	10,330	0,046	2,000	0,372
2	10,141		0,036		
3	10,304		0,001		
		Som SQ:	**0,744**		

FACTOR RSe:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	9,406	10,330	0,854	2,000	7,006
2	10,421		0,008		
3	11,164		0,695		
		Som SQ:	**14,012**		

FACTOR TAr:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	10,477	10,330	0,021	2,000	0,177
2	10,317		0,000		
3	10,197		0,018		
		Som SQ:	**0,355**		

INTERACÇÕES

INTERACÇÃO TAr - CAr:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	10,326	10,330	0,000	2,000	0,008
2	10,361		0,001		
3	10,303		0,001		
		Som SQ:	**0,016**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	10,323	10,330	0,000	2,000	0,009
2	10,303		0,001		
3	10,364		0,001		
		Som SQ:	**0,017**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
0,033	4,000	0,008

INTERACÇÃO TAr - RSe:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	10,089	10,330	0,058	2,000	0,416
2	10,399		0,005		
3	10,502		0,030		
		Som SQ:	**0,832**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	10,411	10,330	0,007	2,000	0,045
2	10,281		0,002		
3	10,298		0,001		
		Som SQ:	**0,091**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
0,923	4,000	0,231

INTERACÇÃO CAr - RSe:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	10,167	10,330	0,026	2,000	0,235
2	10,332		0,000		
3	10,490		0,026		
		Som SQ:	**0,470**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	10,427	10,330	0,009	2,000	0,199
2	10,404		0,005		
3	10,159		0,029		
		Som SQ:	**0,397**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
0,867	4,000	0,217

RESIDUAL

RESIDUAL (1):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	10,238	10,330	0,009	2,000	0,059
2	10,364		0,001		
3	10,389		0,003		
		Som SQ:	**0,118**		

RESIDUAL (2):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	10,192	10,330	0,019	2,000	0,140
2	10,364		0,001		
3	10,434		0,011		
		Som SQ:	**0,279**		

RESIDUAL (3):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	10,251	10,330	0,006	2,000	0,073
2	10,311		0,000		
3	10,429		0,010		
		Som SQ:	**0,147**		

TABELA ANOVA

Tabela Anova - % Partículas < 10E-06 m

Factores	*SQ*	*GL*	*Var*	*SQp*	*GLp*	*F*	
CAr	12,428	2	6,214			39,445	
VAl	0,744	2	0,372	0,744	2		
RSe	14,012	2	7,006			44,473	
TAr	0,355	2	0,177	0,355	2		
TAr / CAr	0,033	4	0,008	0,033	4		
TAr / RSe	0,923	4	0,231	0,923	4		
CAr / RSe	0,867	4	0,217	0,867	4		
VR	0,544	6	0,091	3,466	22	Vr =	0,158
VT	29,905	26	1,150				

Conclusões: Os factores CAr e RSe são estatisticamente significativos com 95 % de confiança.

$F_{2,22}$ (5%) = 3.44 $\Rightarrow$ **VP** = 99.99% (Valor de Prova)

Para minimizar a % partículas < 10E-06 m utilizar : CAr3, RSe1.

CAr3 - Caudal de ar = 27 m^3/min
RSe1 - Rotações do separador = 1600 rpm

% PARTÍCULAS < 10E-06 M

Linha 2

ANÁLISE GLOBAL

Tag	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	6,883	8,092	1,462	26	1,481
2	9,947		3,441		
3	8,806		0,510		
4	6,781		1,719		
5	9,056		0,929		
6	8,131		0,002		
7	6,523		2,460		
8	6,848		1,547		
9	7,018		1,153		
10	7,592		0,250		
11	9,013		0,849		
12	11,001		8,462		
13	7,144		0,898		
14	8,205		0,013		
15	8,662		0,325		
16	6,641		2,106		
17	7,739		0,124		
18	9,525		2,054		
19	8,365		0,074		
20	8,684		0,350		
21	10,265		4,723		
22	7,016		1,157		
23	7,949		0,020		
24	8,901		0,655		
25	6,383		2,919		
26	7,744		0,121		
27	7,659		0,187		
		Som SQ:	**38,510**		

FACTORES PRINCIPAIS

FACTOR CAr:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	8,951	8,092	0,737	2,000	5,900
2	7,983		0,012		
3	7,342		0,562		
		Som SQ:	**11,799**		

FACTOR VAl:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	7,896	8,092	0,038	2,000	0,467
2	8,037		0,003		
3	8,342		0,063		
		Som SQ:	**0,933**		

FACTOR RSe:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	7,036	8,092	1,114	2,000	8,155
2	8,354		0,069		
3	8,885		0,630		
		Som SQ:	**16,310**		

FACTOR TAr:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	7,777	8,092	0,099	2,000	0,851
2	8,391		0,090		
3	8,107		0,000		
		Som SQ:	**1,702**		

INTERACÇÕES

INTERACÇÃO TAr - CAr:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	8,156	8,092	0,004	2,000	0,103
2	8,151		0,004		
3	7,968		0,015		
		Som SQ:	**0,206**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	7,937	8,092	0,024	2,000	0,469
2	8,354		0,069		
3	7,985		0,011		
		Som SQ:	**0,938**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
1,144	4,000	0,286

INTERACÇÃO TAr - RSe:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	8,195	8,092	0,011	2,000	0,388
2	8,228		0,019		
3	7,853		0,057		
		Som SQ:	**0,776**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	7,997	8,092	0,009	2,000	1,459
2	8,534		0,195		
3	7,745		0,120		
		Som SQ:	**2,919**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
3,695	4,000	0,924

INTERACÇÃO CAr - RSe:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	7,874	8,092	0,048	2,000	0,437
2	8,088		0,000		
3	8,314		0,049		
		Som SQ:	**0,873**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	8,028	8,092	0,004	2,000	0,033
2	8,098		0,000		
3	8,149		0,003		
		Som SQ:	**0,067**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
0,940	4,000	0,235

RESIDUAL

RESIDUAL (1):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	8,016	8,092	0,006	2,000	0,267
2	8,289		0,039		
3	7,971		0,015		
		Som SQ:	**0,534**		

RESIDUAL (2):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	8,090	8,092	0,000	2,000	0,496
2	8,328		0,056		
3	7,858		0,055		
		Som SQ:	**0,991**		

RESIDUAL (3):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	8,033	8,092	0,003	2,000	0,231
2	8,273		0,033		
3	7,969		0,015		
		Som SQ:	**0,462**		

TABELA ANOVA

Tabela Anova - % Partículas < 10E-06 m

Factores	*SQ*	*GL*	*Var*	*SQp*	*GLp*	*F*	
CAr	11,799	2	5,900			12,478	
VAl	0,933	2	0,467	0,933	2		
RSe	16,310	2	8,155			17,248	
TAr	1,702	2	0,851	1,702	2		
TAr / CAr	1,144	4	0,286	1,144	4		
TAr / RSe	3,695	4	0,924	3,695	4		
CAr / RSe	0,940	4	0,235	0,940	4		
VR	1,987	6	0,331	10,402	22	Vr =	0,473
VT	38,510	26	1,481				

Conclusões: Os factores CAr e RSe são estatisticamente significativos com 95 % de confiança.

$F_{2,22}$ (5%) = 3.44 $\Rightarrow$ **VP** = 99.99% (Valor de Prova)

Para minimizar a % partículas < 10E-06 m utilizar : CAr3, RSe1.

CAr3 - Caudal de ar = 74 m^3/min
RSe1 - Rotações do separador = 1700 rpm

% PARTÍCULAS > 100E-06 M

Linha 1

ANÁLISE GLOBAL

Tag	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	6,864	6,631	0,054	26	7,928
2	4,076		6,528		
3	4,671		3,845		
4	8,598		3,869		
5	6,712		0,007		
6	3,853		7,716		
7	13,377		45,498		
8	8,185		2,413		
9	6,913		0,079		
10	6,234		0,158		
11	3,752		8,292		
12	2,040		21,079		
13	10,247		13,076		
14	3,974		7,060		
15	4,116		6,325		
16	11,298		21,777		
17	9,070		5,945		
18	6,115		0,267		
19	6,923		0,085		
20	3,861		7,675		
21	3,363		10,679		
22	7,367		0,541		
23	6,844		0,045		
24	4,178		6,021		
25	10,940		18,568		
26	9,482		8,129		
27	5,993		0,408		
		Som SQ:	**206,137**		

FACTORES PRINCIPAIS

FACTOR CAr:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	4,643	6,631	3,955	2,000	44,731
2	6,210		0,177		
3	9,041		5,808		
		Som SQ:	**89,462**		

FACTOR VAl:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	5,937	6,631	0,482	2,000	4,033
2	6,684		0,003		
3	7,273		0,412		
		Som SQ:	**8,065**		

FACTOR RSe:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	9,094	6,631	6,066	2,000	46,958
2	6,217		0,171		
3	4,582		4,198		
		Som SQ:	**93,916**		

FACTOR TAr:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	7,028	6,631	0,157	2,000	1,184
2	6,316		0,099		
3	6,550		0,007		
		Som SQ:	**2,367**		

INTERACÇÕES

INTERACÇÃO TAr - CAr:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	6,720	6,631	0,008	2,000	0,366
2	6,401		0,053		
3	6,773		0,020		
		Som SQ:	**0,732**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	6,707	6,631	0,006	2,000	0,062
2	6,644		0,000		
3	6,543		0,008		
		Som SQ:	**0,123**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
0,855	4,000	0,214

INTERACÇÃO TAr - RSe:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	6,811	6,631	0,032	2,000	0,439
2	6,698		0,005		
3	6,385		0,061		
		Som SQ:	**0,878**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	6,574	6,631	0,003	2,000	1,356
2	6,275		0,127		
3	7,045		0,171		
		Som SQ:	**2,712**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
3,590	4,000	0,897

INTERACÇÃO CAr - RSe:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	6,545	6,631	0,007	2,000	1,152
2	6,325		0,094		
3	7,024		0,154		
		Som SQ:	**2,304**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	6,286	6,631	0,119	2,000	1,161
2	6,606		0,001		
3	7,003		0,138		
		Som SQ:	**2,322**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
4,626	4,000	1,156

RESIDUAL

RESIDUAL (1):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	6,685	6,631	0,003	2,000	0,445
2	6,387		0,060		
3	6,822		0,036		
		Som SQ:	**0,891**		

RESIDUAL (2):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	6,758	6,631	0,016	2,000	0,288
2	6,427		0,042		
3	6,709		0,006		
		Som SQ:	**0,575**		

RESIDUAL (3):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	6,652	6,631	0,000	2,000	0,895
2	6,936		0,093		
3	6,306		0,106		
		Som SQ:	**1,790**		

TABELA ANOVA

Tabela Anova - % Partículas > 100E-06 m

Factores	*SQ*	*GL*	*Var*	*SQp*	*GLp*	*F*	
CAr	89,462	2	44,731			43,240	
VAl	8,065	2	4,033	8,065	2		
RSe	93,916	2	46,958			45,392	
TAr	2,367	2	1,184	2,367	2		
TAr / CAr	0,855	4	0,214	0,855	4		
TAr / RSe	3,590	4	0,897	3,590	4		
CAr / RSe	4,626	4	1,156	4,626	4		
VR	3,257	6	0,543	22,759	22	Vr =	1,034
VT	206,137	26	7,928				

Conclusões: Os factores CAr e RSe são estatisticamente significativos com 95 % de confiança.

$F_{2,22}$ (5%) = 3.44 $\Rightarrow$ **VP** = 99.99% (Valor de Prova)

Para minimizar a % partículas > 100E-06 m utilizar : CAr1, RSe3.

CAr1 - Caudal de ar = 18 m^3/min
RSe3 - Rotações do separador = 2000 rpm

% PARTÍCULAS > 100E-06 M

Linha 2

ANÁLISE GLOBAL

Tag	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	6,565	5,709	0,733	26	11,343
2	1,638		16,578		
3	3,845		3,475		
4	8,352		6,982		
5	4,126		2,506		
6	3,470		5,016		
7	13,043		53,780		
8	8,398		7,231		
9	7,171		2,137		
10	4,833		0,767		
11	1,851		14,890		
12	0,140		31,014		
13	8,483		7,693		
14	4,247		2,138		
15	3,813		3,596		
16	10,782		25,732		
17	8,026		5,366		
18	4,034		2,807		
19	4,575		1,286		
20	1,741		15,747		
21	1,524		17,513		
22	7,886		4,737		
23	4,219		2,220		
24	3,891		3,305		
25	12,949		52,408		
26	7,705		3,981		
27	6,843		1,286		
		Som SQ:	**294,924**		

FACTORES PRINCIPAIS

FACTOR CAr:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	2,968	5,709	7,514	2,000	76,497
2	5,387		0,104		
3	8,772		9,382		
		Som SQ:	**152,994**		

BIBLIOTECA F.E. PORTO

FACTOR VAl:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	5,564	5,709	0,021	2,000	0,169
2	5,836		0,016		
3	5,728		0,000		
		Som SQ:	**0,339**		

FACTOR RSe:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	8,608	5,709	8,400	2,000	58,147
2	4,661		1,099		
3	3,859		3,423		
		Som SQ:	**116,293**		

FACTOR TAr:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	6,290	5,709	0,337	2,000	3,004
2	5,134		0,331		
3	5,704		0,000		
		Som SQ:	**6,008**		

INTERACÇÕES

INTERACÇÃO TAr - CAr:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	5,654	5,709	0,003	2,000	0,227
2	5,585		0,015		
3	5,888		0,032		
		Som SQ:	**0,455**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	6,232	5,709	0,273	2,000	2,485
2	5,181		0,279		
3	5,715		0,000		
		Som SQ:	**4,970**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
5,424	4,000	1,356

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 4 Rows 24 through 26

Part or Process Name/No. Pre-mistura

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CF, PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 01 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

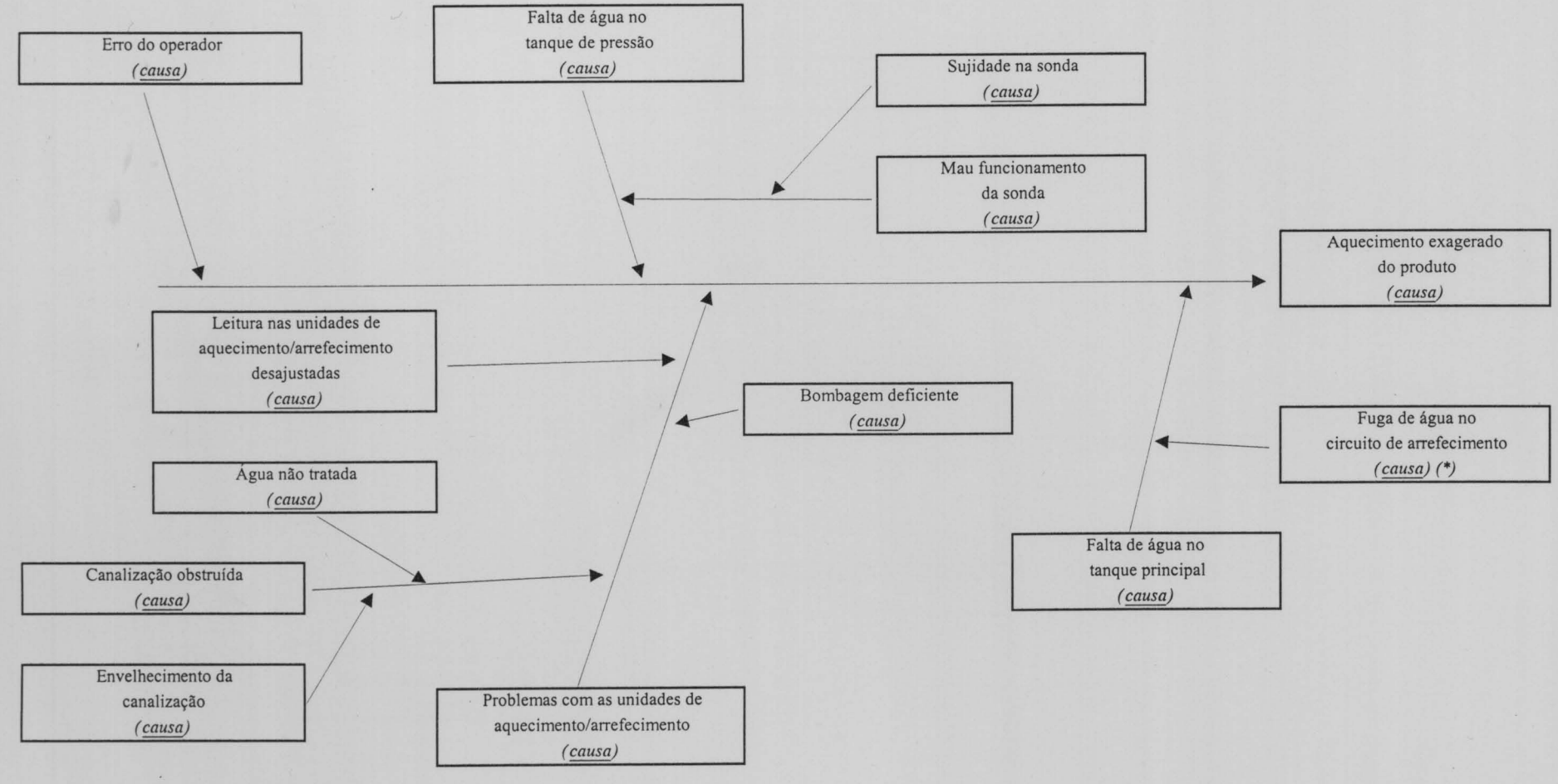
Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Pre-mistura .Mistura das materias-primas	.Problemas relacionados com o Layout, ao nivel do processo de pre-mistura	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Layout mal definido	1	-Supervisao do encarregado	4	24							
					-Falta de espaco	2	-Supervisao do encarregado	4	48							
					-Reduzido numero de linhas de producao	5	-Supervisao tecnica	4	120	-Nova instalacao	-Administracao (A determinar)					

E & MS
88 SEP 1835A (REVISED)
File Name: Megadur-Pre-mistura

printed on 1997 07 21 at 2:46:42 PM

Produced by FMEAplus™ Version 2.0

NOTE: Reference - Potential Failure Mode and Effects Analysis Instruction Manual (Form No. 1696)
Licensed from Ford Motor Company Engineering Staff


Erro do operador
(causa)
Falta de água no tanque de pressão
(causa)
Sujidade na sonda
(causa)
Mau funcionamento da sonda
(causa)
Aquecimento exagerado do produto
(causa)
Leitura nas unidades de aquecimento/arrefecimento desajustadas
(causa)
Bombagem deficiente
(causa)
Fuga de água no circuito de arrefecimento
(causa) (*)
Água não tratada
(causa)
Falta de água no tanque principal
(causa)
Canalização obstruída
(causa)
Envelhecimento da canalização
(causa)
Problemas com as unidades de aquecimento/arrefecimento
(causa)

11º passo: Definição do óptimo teórico e económico

Considerando, tal como no caso anterior, a variável de resposta **% partículas < 10E-06 m** temos a seguinte combinação óptima:

Óptimo teórico = Óptimo económico : **CAr3** ; **RSe1** ; **VAl3** ; **TAr1** - para ambas as linhas.

Linha 1

CAr3 - 27 m^3/min
RSe1 - 1600 rpm
VAl3 - Máxima
TAr1 - 16 ºC

Linha 2

CAr3 - 74 m^3/min
RSe1 - 1700 rpm
VAl3 - Máxima
TAr1 - 18 ºC

Apenas o *Caudal do Ar* e as *Rotações do Separador* foram optimizadas segundo o gráfico das médias, pois foram os únicos factores considerados como significativos. Nenhuma das interacções apresentou um peso suficientemente grande para ser considerada como significativa.
Os níveis dos restantes factores foram escolhidos de acordo com outros aspectos, tais como a capacidade de produção, no caso da *Velocidade de Alimentação* da pastilha, e o grau de sensibilidade a alterações no aspecto do produto final, no caso da *Temperatura do Ar*.

12º passo: Previsão do valor a obter para a combinação óptima

Linha 1

% partículas < 10E-06 m = Média + (CAr3 - Média) + (RSe1 - Média)
= 10.33 + (9.456 - 10.33) + (9.406 - 10.33)
= **8.532 %**

Linha 2

% partículas < 10E-06 m = Média + (CAr3 - Média) + (RSe1 - Média)
= 8.09 + (7.342 - 8.09) + (7.036 - 8.09)
= **6.288 %**

13º passo: Ensaio do óptimo e sua comparação com a previsão

Linha 1

% < 10E-06 m	% > 100E-06	% [35, 50] E-06 m	Desvio padrão
8.549	14.763	15.726	39.476

Linha 2

% < 10E-06 m	% > 100E-06	% [35, 50] E-06 m	Desvio padrão
6,359	12,451	17,471	34,522

14º passo: Conclusões

Boa reprodutibilidade em ambas as linhas. Foi possível reproduzir os efeitos dos factores significativos, o que comprova os resultados do estudo realizado.
Nas figuras seguintes é possível comparar as curvas correspondentes a fabricos correntes com a correspondente à combinação óptima, para ambas as linhas. É nítida a melhoria em termos de partículas finas, factor que se optimizou.

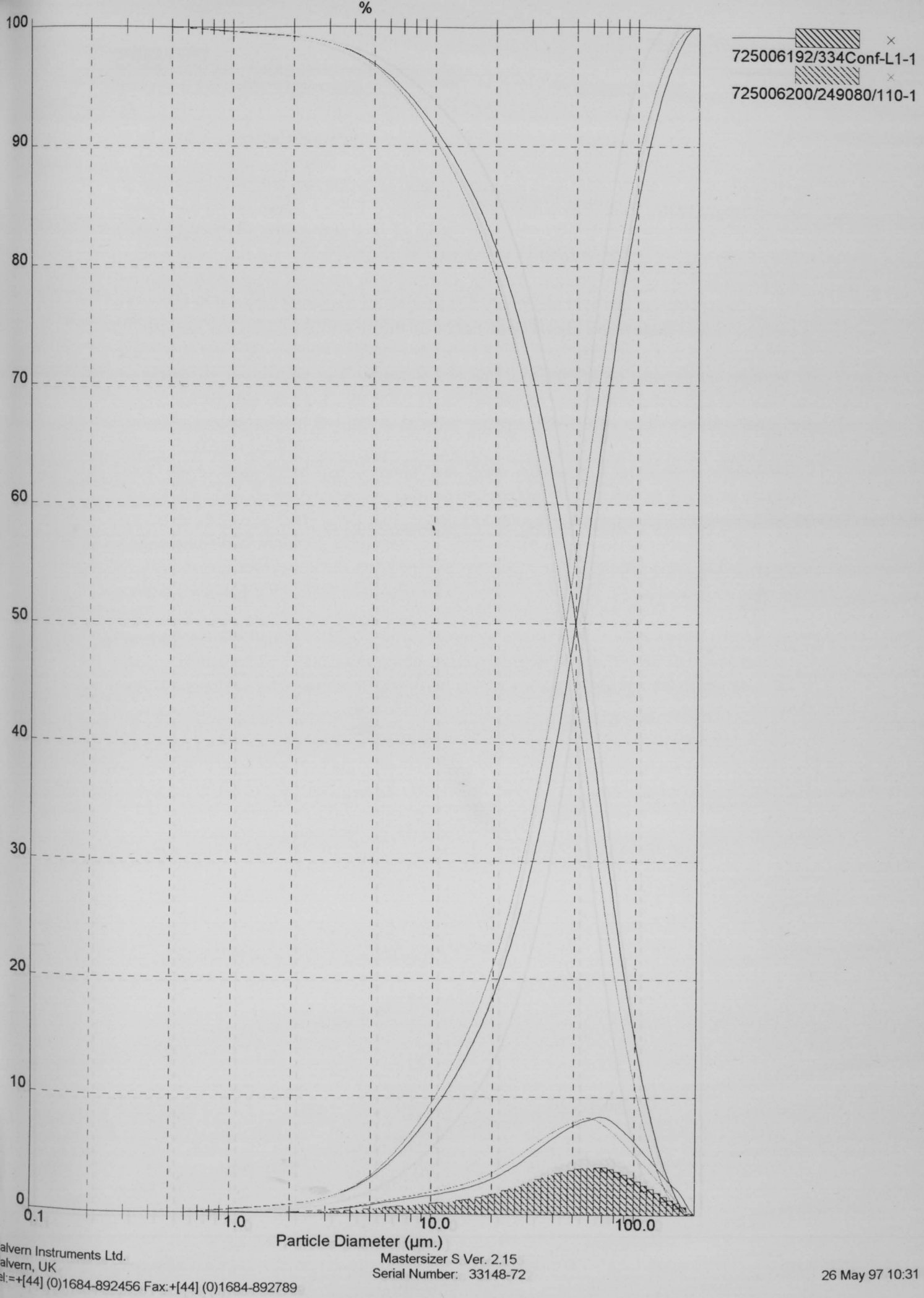
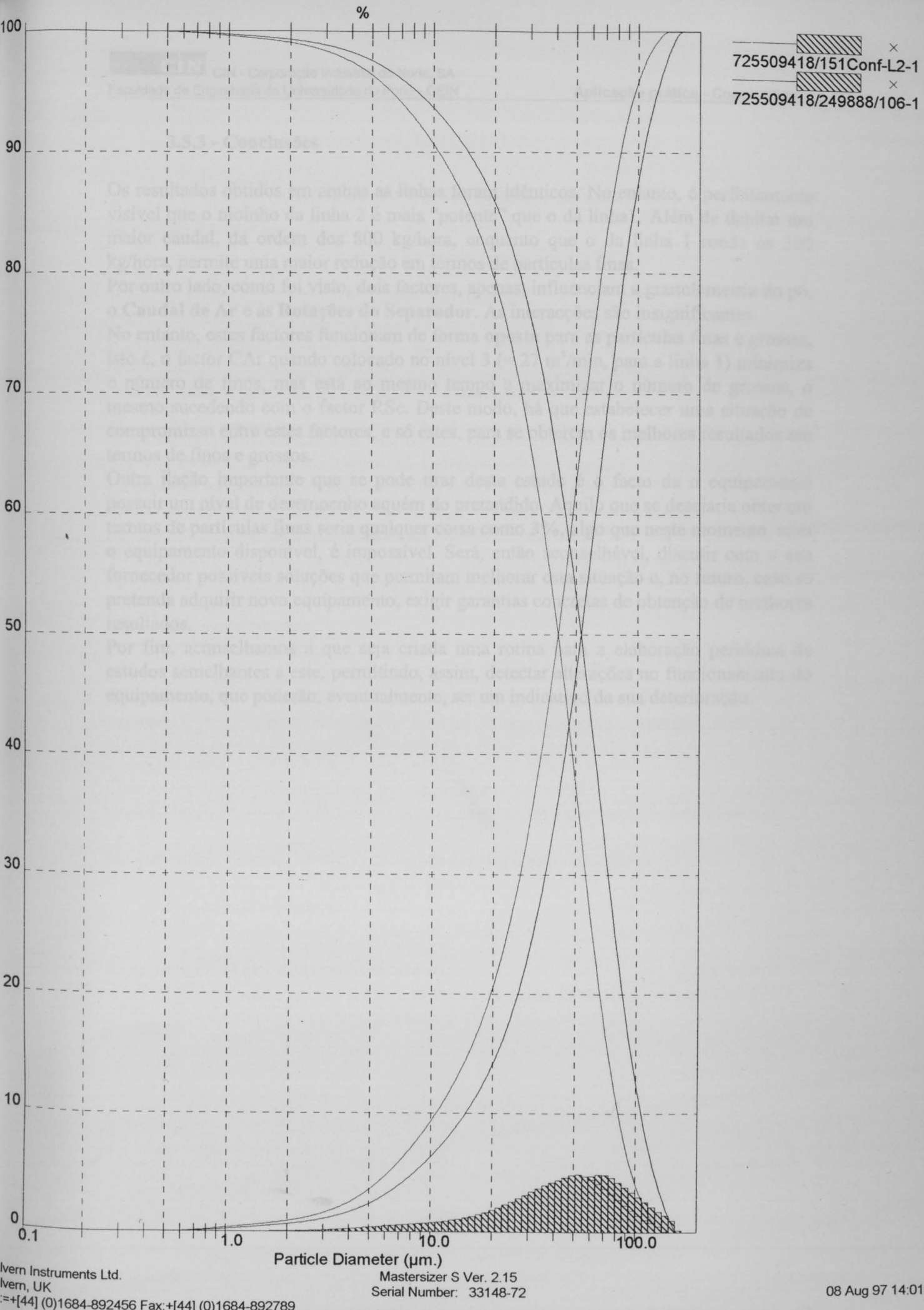


Figura 3.9 - Curva de confirmação para a linha 1, matriz L_{27} *versus* Funcionamento corrente



lvern Instruments Ltd.
lvern, UK
:=+[44] (0)1684-892456 Fax:+[44] (0)1684-892789

Figura 3.10 - Curva de confirmação para a linha 2, matriz L_{27} *versus* Funcionamento corrente

3.5.3 - Conclusões

Os resultados obtidos em ambas as linhas foram idênticos. No entanto, é perfeitamente visível que o moinho da linha 2 é mais "potente" que o da linha1. Além de debitar um maior caudal, da ordem dos 800 kg/hora, enquanto que o da linha 1 ronda os 300 kg/hora, permite uma maior redução em termos de partículas finas.
Por outro lado, como foi visto, dois factores, apenas, influenciam a granulometria do pó, o **Caudal de Ar** e as **Rotações do Separador**. As interacções são insignificantes.
No entanto, estes factores funcionam de forma **oposta** para as partículas finas e grossas, isto é, o factor CAr quando colocado no nível 3 (= 27 m^3/min, para a linha 1) minimiza o número de finos, mas está ao mesmo tempo a maximizar o número de grossos, o mesmo sucedendo com o factor RSe. Deste modo, há que estabelecer uma situação de compromisso entre estes factores, e só estes, para se obterem os melhores resultados em termos de finos e grossos.
Outra ilação importante que se pode tirar deste estudo é o facto de o equipamento possuir um nível de desempenho aquém do pretendido. Aquilo que se desejaria obter em termos de partículas finas seria qualquer coisa como **3%**, algo que neste momento, com o equipamento disponível, é impossível. Será, então aconselhável, discutir com o seu fornecedor possíveis soluções que permitam melhorar esta situação e, no futuro, caso se pretenda adquirir novo equipamento, exigir garantias concretas de obtenção de melhores resultados.
Por fim, aconselhamos a que seja criada uma rotina para a elaboração periódica de estudos semelhantes a este, permitindo, assim, detectar alterações no funcionamento do equipamento, que poderão, eventualmente, ser um indicativo da sua deterioração.

CAPÍTULO 4

Análise Modal de Falhas e Efeitos (A.M.F.E.)

4.1 - Introdução

No capítulo anterior actuou-se sobre ambos os moinhos de acordo com os objectivos delineados no início deste trabalho. A fase seguinte tinha como objectivo analisar e intervir sobre o processo de extrusão, bastante mais complexo do que o anterior, a micronização.
Inicialmente pensamos efectuar um estudo semelhante ao realizado anteriormente, no entanto, devido a um conhecimento menos profundo do que no caso anterior do processo e das influencias dos seus parâmetros no produto final, optámos por fazer uma análise ao processo de extrusão mais geral. Mais tarde resolvemos estender esta análise a todas as etapas do processo de fabrico.
Tipicamente a variação das características dos produtos, são provocadas por dois tipos de causas:

- Causas comuns;
- Causas especiais.

Causas comuns - são causas **estáveis** no tempo e que actuam de forma **repetitiva** e **previsível**. O processo resultante, produz sempre segundo a mesma distribuição estatística (a mesma localização, a mesma dispersão, a mesma forma).

Causas especiais - são **algumas** causas, **irregulares** no tempo e que actuam de forma **imprevisível**. Provocam mudanças constantes na distribuição estatística do processo.

Para um melhoramento contínuo devem-se seguir os seguintes passos:

1. Analisar o processo
   - O que deve o processo fazer?
   - O que pode variar no processo?
   - O que sabemos sobre a forma de variação do processo (como varia)?
   - Quais os parâmetros mais sensíveis para a variação?
   - Como é que o processo se está a comportar (está sob controlo, tem capacidade)?

   (**AMFE**, Cartas de controlo, grupos de trabalho)

2. Manter o processo
   - Controlar o processo.
   - Detectar e eliminar, causas especiais.

   (Cartas de controlo e outras ferramentas estatísticas)

3. Melhorar o processo

   - Modificar o processo de forma a melhor compreender as causas comuns de variação.
   - Reduzir as causas comuns de variação.

   (Ferramentas de análise de processo, **desenho de experiências**, métodos estatísticos)

Assim, decidimos fazer um AMFE ao processo. O seu principal objectivo envolve a identificação das características críticas de um produto ou de um processo, para as quais é necessário estabelecer acções ou controlos por forma a garantir a qualidade do produto. Este objectivo vai de encontro a um do pontos do objectivo central deste estágio, a de conduzir o equipamento de produção a um funcionamento estável e estacionário, minimizando, deste modo, a produção de não conformes.
Esta técnica fundamenta-se num trabalho de grupo, resultante de equipas heterogéneas no que se refere a áreas de especialização.

4.2 - Análise Modal de Falhas e Efeitos - AMFE

4.2.1 - Introdução

Esta técnica surgiu nos finais dos anos 60, ligada à indústria aeroespacial (NASA). Em 1972, foi adoptada pela North American Automotive Operation da Ford, no âmbito da melhoria da fiabilidade. Nos dias de hoje está amplamente difundida, em particular na indústria automóvel.
A AMFE é uma metodologia que permite melhorar e garantir a qualidade através de acções preventivas. Deve englobar as seguintes características:

i) As funções do produto, subsistema ou componente em estudo são o objecto da análise AMFE. O ideal é que essas funções sejam precisamente aquelas que foram previamente identificadas e hierarquizadas através do QFD (Quality Function Development);
ii) A AMFE realiza-se em equipa. Em geral, o grupo de trabalho deve ser interdisciplinar, constituído por 6 a 8 pessoas (mínimo 3) provenientes de vários sectores da empresa;
iii) Deve existir um responsável pela realização, condução e actualização da AMFE. É natural (e desejável) que o responsável pela execução da AMFE do projecto pertença à área do projecto e desenvolvimento;
iv) A AMFE dá origem a um documento em que se regista toda a informação recolhida (bem como aquela que deriva da análise). A AMFE é um documento "vivo", na medida que deverá ser permanentemente mantido e actualizado.

4.2.2 - Terminologia

AMFE - Análise Modal de Falhas e Efeitos Potenciais, técnica analítica preventiva de falhas no processo de fabrico;

R.P.N. - "Risk Priority Number", índice de risco de falha;

Característica crítica - Característica associada a severidade elevada ou não cumprimento de legislação governamental ou de segurança;

Falha - Não cumprimento de função para que foi especificado;

Ocorrência - Frequência com que ocorre a falha;

Detecção - Probabilidade de se detectar a falha;

Severidade - Gravidade da falha;

4.2.3 - Fases do AMFE

Fase I - Análise Qualitativa

- Identificação da função ou funções do produto ou processo. Por exemplo, a função do processo de extrusão é a homogeneização da pré-mistura.

- Para cada função, identificação e listagem de todos os modos de falha potencial.

  Falha - componente ou sistema que não cumpre a função de acordo com a sua especificação.
  Modo de falha - o modo como a falha se produz.
  De notar que o modo de falha expressa-se em termos "físicos" e não através de sintomas que o cliente pode experimentar.

- Na suposição de que o modo de falha ocorre, **descrição dos seus efeitos na linguagem do cliente**, ou seja o que ele vai observar ou experimentar. Se o efeito da falha afecta o cumprimento dos requisitos legais ou das normas vigentes, ou ainda se o efeito da falha acarreta problemas de segurança, é necessário indicá-lo expressamente.

- Para cada modo de falha, listagem de todas as suas causas potenciais (prováveis ou improváveis). É aconselhável que esta tarefa, fundamental para o sucesso da AMFE, seja realizada recorrendo a diagramas **causa-efeito**.

- **Descrição dos sistemas de prevenção e detecção existentes**, ou sistemas de controle, para cada causa de falha.

Fase II - Análise Quantitativa

- Estudo da probabilidade de ocorrência da falha potencial.

A estimativa desta probabilidade, que se traduz pelo índice **F**, é efectuada em duas fases:

i) Estimativa da probabilidade de que a causa ocorra (devem avaliar-se todos os procedimentos em vigor para prevenir tal ocorrência);
ii) Estimativa da probabilidade de, uma vez que tenha ocorrido a causa, esta conduzir ao modo de falha potencial, supondo que a causa de falha não era detectada até ao momento em que o produto chega ao cliente.

Prob. [ocorrência de falha] = Prob. [causa] * Prob. [modo/causa]

Critério para a quantificação do risco da causa se produzir e conduzir ao modo de falha - índice F.

		Pontuação
O	Ocorrência da falha quase de certeza (> 95% dos fabricos)	10
O	Muito alta probabilidade de ocorrência (90 - 95 % dos fabricos)	9
C		
O		
R	Alta probabilidade de ocorrência da falha	
R	(70 - 90 % dos fabricos)	8
Ê	(50 - 70 % dos fabricos)	7
N		
C	Probabilidade média de ocorrência da falha	
I	(30 - 50 % dos fabricos)	6
A	(20 - 30 % dos fabricos)	5
	Baixa probabilidade de ocorrência	
	(10 - 20 % dos fabricos)	4
	(5 - 10 % dos fabricos)	3
	Muito baixa probabilidade de ocorrência da falha (1 - 5 % dos fabricos)	2
	Dificilmente ocorre a falha (< 1% dos fabricos)	1

Tabela 4.1

- Estudo da probabilidade de detecção da falha potencial

A probabilidade da falha ocorrer estará relacionada com o sistema de prevenção e detecção utilizado. Consequentemente, este sistema deve ser exaustivamente avaliado. O índice **D**, detecção, deverá traduzir a probabilidade de a causa ser detectada antes de chegar ao cliente.
Deve supor-se que a causa de falha ocorreu e, então, avaliar a capacidade de todo o sistema de controle existente para detectar a presença do defeito.
O valor a atribuir ao índice de detecção está intimamente ligado à eficácia do sistema de controlo da qualidade. Uma melhoria no valor do índice D corresponde, habitualmente, a uma melhoria no sistema de controle da qualidade.

Critério para a quantificação da probabilidade do defeito chegar ao cliente - índice D.

		Pontuação
D	Impossibilidade de detecção	10
	Controlos dificilmente detectarão a falha	9
E T E C Ç Ã O	Controlos com baixa probabilidade de detecção da falha	8 7
	Controlos poderão detectar a existência da falha	6 5
	Controlos (operador/supervisor) com elevada probabilidade de detectarem a falha	4 3
	Sistemas automáticos de controlo que detectam seguramente a falha	2 1

Tabela 4.2

- Estudo da severidade dos efeitos da falha sobre o cliente

Com este estudo procura-se quantificar o maior ou menor inconveniente que a falha, uma vez chagada ao cliente, lhe possa causar.
Como o efeito sobre o cliente só toma em consideração o modo de falha, deve atribuir-se todas as respectivas causas o mesmo valor do índice **S** - índice através do qual é medida a gravidade de tal falha.

Critério para a quantificação da severidade do efeito da falha sobre o cliente - índice S.

		Pontuação
S	Falha que causa sérios danos no cliente	10
	Falha com efeitos negativos no cliente	9
S E V E R I D A D E	Falha que leve a severos atrasos e perturbações na produção	8
	Falha que leve à rejeição do fabrico (sem recuperação)	7
	Atraso no fabrico	6
	Fabrico bastante afastado da especificação - Recuperação < 5%	5
	Fabrico afastado da especificação recuperado de 5% a 10% no fabrico seguinte	4
	Fabrico ligeiramente afastado da especificação recuperado a 15% no fabrico seguinte	3
	Fabrico nos limites da especificação ou ligeiro atraso na produção	2
	Efeito não significativo	1

Tabela 4.3

- Cálculo do índice P (Risco Prioritário)

Para cada causa de falha calcular:

$$P = F * D * S$$

O índice **P** permite hierarquizar por ordem decrescente de importância relativa as causas de falha, ordenando-as por valores decrescentes de P. Como P se distribui de forma muito assimétrica, isto é, verificam-se poucas causas com valores de P muito elevados e muitas com valores baixos, os esforços de prevenção podem ser orientados e concentrados prioritariamente para as causas que apresentem os valores mais elevados de P.

Fase III - Análise da AMFE e Acções Correctivas

- Análise dos índices

Os critérios a seguir para priorizar as acções correctivas deverá ser:

i) Causas críticas - que apresentem gravidade muito elevada (S = 9 ou 10), ou que afectem funções críticas, ou ainda que envolvam questões legais.
ii) Causas que apresentem os valores mais elevados de P

Nota: - Deverá ser dada prioridade a i)
- São recomendadas acções correctivas para um índice P > 80.

- Acções Correctivas

O tipo de acção correctiva a desencadear deverá ter em conta os seguintes pontos:

i) Eliminação da causa de falha;
ii) Redução da probabilidade de ocorrência diminuindo a probabilidade de que a causa de falha resulte em modo de falha;
iii) Redução da gravidade da falha;
iv) Aumento da probabilidade de detecção.

- Seguimento das Acções Correctivas

O projectista tem a responsabilidade de assegurar que todas as acções correctivas recomendadas são postas em prática e aplicadas devidamente, caso contrário todo este trabalho de desenvolvimento do AMFE teria sido em vão.

Revisão

O AMFE deverá ser revisto sempre que:

1. Haja alterações de equipamento;
2. Seja emitida uma participação técnica fundamentada;
3. O responsável técnico de mercado assim o considere;
4. Haja novo RPN.

4.2.4 - Folha de registo do AMFE

A elaboração da AMFE origina o preenchimento de uma folha especialmente concebida para o efeito, figura 4.1.

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

mpany Name: CIN

rt or Process Name/No. _____

sign/Mfg. Responsibility _____

her Areas Involved _____

Suppliers and Plants Affected _____

Model Year/Vehicle(s) _____

Engineering Release Date _____

Page 1 Rows 1 through 1

Prepared By _____

FMEA Date (Orig.) _____ (Rev.) _____

Key Production Date _____

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev		Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results				
												Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.

& MS
SEP 1835A (REVISED)
le Name: exper

printed on 1997 08 25 at 3:24:39 PM

Produced by FMEAplus™ Version 2.0

NOTE: Reference - Potential Failure Mode and Effects Analysis Instruction Manual (Form No. 1696)
Licensed from Ford Motor Company Engineering Staff

Figura 4.1 - Documento de elaboração da AMFE

Seguidamente passamos a explicar os diferentes tópicos que a compõem:

1. Descrição do processo

   Indicação da operação de fabricação, identificando sucintamente a função do processo que se está a analisar.

2. Modo potencial de falha

   Descrição sucinta do modo como pode falhar o item.

3. Efeitos potenciais de falha

   Descrição dos efeitos esperados do modo da falha sempre que esta ocorra.

4. Severidade

   Avaliação da severidade dos efeitos da falha que podem ocorrer de acordo com o critério estabelecido.

5. Características críticas

   Estas são assinaladas por um triângulo invertido (∇) na coluna apropriada sempre que a severidade seja ≥ 9.

6. Causas potenciais de falha

   Relacionamento de todas as causas potenciais possíveis com cada modo de falha, descrevendo-as de modo claro para que as acções correctivas possam ser devidamente orientadas.

7. Ocorrência

   Avaliação da probabilidade de ocorrência da falha de acordo com o critério estabelecido.

8. Controlos correntes

   Listagem dos testes que devem ser efectuados por item.

9. Detecção

   Avaliação da eficácia do sistema de controlo proposto, coluna anterior, para a identificação da causa potencial de falha do projecto.

10. RPN

    O RPN é calculado para todas as causas de falha de acordo com:

    RPN = Ocorrência * Severidade * Detecção

Para RPN > 80 deverão ser recomendadas acções.

11. Acções correctivas

Descrição breve das acções recomendadas, assim como o prazo para a sua execução.

12. Sector e responsabilidade da acção recomendada

Indicação do sector e do responsável pelas acções recomendadas.

13. Acções tomadas

Descrição breve das acções e respectiva conclusão.

14. RPN resultante

Após implementação da acção recomendada, calcular o RPN resultante.

4.3 - Aplicação prática

4.3.1 - AMFE ao processo de fabrico

4.3.1.1 - Modo de aplicação

Uma vez explicada a filosofia em que se baseia a AMFE e as razões que nos levaram a utilizar esta ferramenta, estamos prontos para pô-la em prática.
Assim, era necessário, antes de mais nada, definir um grupo de trabalho. Este, tal como foi dito, deveria ser composto por pessoas heterogéneas no que se refere às áreas de especialização. O grupo de trabalho escolhido incluía os seguintes elementos:

Eng.º Nelson Oliveira	-	responsável técnico pelas tintas em pó.
Dr.ª Salomé	-	responsável pelo laboratório de inspecção final.
Sr. Carlos Frias	-	encarregado.
Pedro Miranda Guedes	-	estagiário.

Numa primeira fase, de modo a facilitar a visualização, elaboração e compreensão das causas potenciais associadas a cada modo de falha foram elaborados diagramas de causa-efeito. Estes diagramas foram-se desenvolvendo à medida que as pessoas envolvidas neste estudo davam as suas sugestões, quer nas reuniões realizadas para o efeito, quer nas conversas particulares com as mesmas. Na figura 4.2 podemos ver um desses diagramas, os restantes encontram-se no *anexo 9*.
Este estudo foi feito individualmente a cada etapa do processo de fabrico, começando pela **extrusão**, indo de seguida para a **pesagem**, **pré-mistura** e por último para a **micronização** e o **enchimento**.

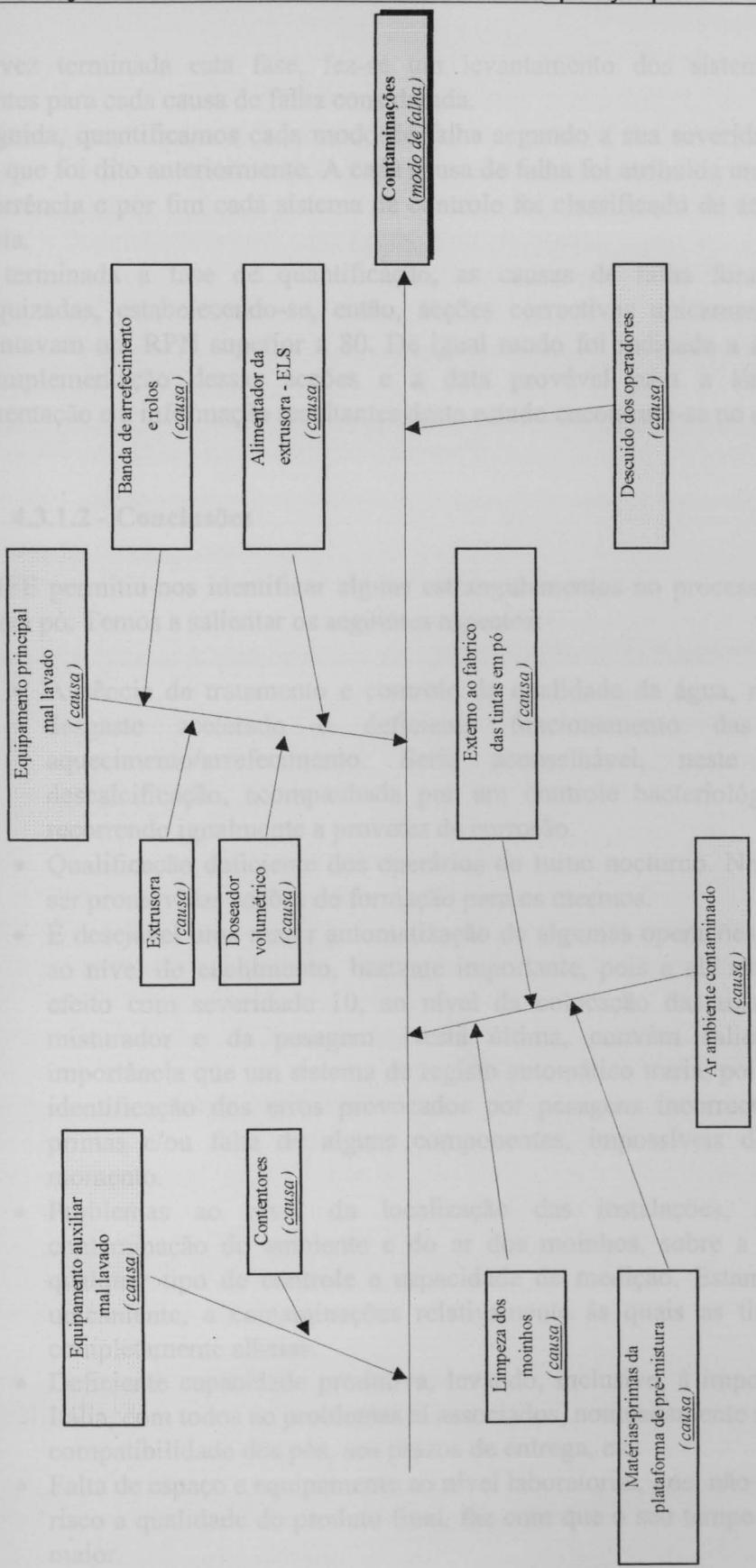


Figura 4.2 - Exemplo de um diagrama de causa-efeito para o processo de extrusão

Uma vez terminada esta fase, fez-se um levantamento dos sistemas de controle existentes para cada causa de falha considerada.
De seguida, quantificamos cada modo de falha segundo a sua severidade e de acordo com o que foi dito anteriormente. A cada causa de falha foi atribuída uma probabilidade de ocorrência e por fim cada sistema de controle foi classificado de acordo com a sua potência.
Após terminada a fase de quantificação, as causas de falha foram devidamente hierarquizadas, estabelecendo-se, então, acções correctivas unicamente para as que apresentavam um RPN superior a 80. De igual modo foi indicada a área responsável pela implementação dessas acções e a data provável para a sua execução. A documentação e a informação resultantes deste estudo encontram-se no *anexo 10*.

4.3.1.2 - Conclusões

A AMFE permitiu-nos identificar alguns estrangulamentos no processo produtivo das tintas em pó. Temos a salientar os seguintes aspectos:

- Ausência de tratamento e controle da qualidade da água, responsável pelo desgaste acelerado e deficiente funcionamento das unidades de aquecimento/arrefecimento. Seria aconselhável, neste caso, a sua descalcificação, acompanhada por um controle bacteriológico da mesma, recorrendo igualmente a provetes de corrosão.
- Qualificação deficiente dos operários do turno nocturno. Neste caso, devem ser promovidas acções de formação para os mesmos.
- É desejável uma maior automatização de algumas operações, nomeadamente ao nível do enchimento, bastante importante, pois a ela está associada um efeito com severidade 10, ao nível da colocação das matérias-primas no misturador e da pesagem. Nesta última, convém salientar, a enorme importância que um sistema de registo automático traria, pois possibilitaria a identificação dos erros provocados por pesagens incorrectas de matérias-primas e/ou falta de alguns componentes, impossíveis de rastrear neste momento.
- Problemas ao nível da localização das instalações, motivados pela contaminação do ambiente e do ar dos moinhos, sobre a qual não existe qualquer tipo de controle e capacidade de medição. Estamo-nos a referir, unicamente, a contaminações relativamente às quais as tintas em pó são completamente alheias.
- Deficiente capacidade produtiva, levando, inclusive, à importação de pó de Itália, com todos ao problemas aí associados, nomeadamente no que respeita à compatibilidade dos pós, aos prazos de entrega, etc.
- Falta de espaço e equipamento ao nível laboratorial, que, não pondo nunca em risco a qualidade do produto final, faz com que o seu tempo de resposta seja maior.

Seria agora desejável que todas as acções recomendadas no documento resultante da AMFE, *anexo 10*, fossem realmente executadas, para, algum tempo após a sua

implementação ser calculado o RPN resultante de tais acções. Deste modo, ter-se-ia uma noção exacta dos seus efeitos. Assim, será possível uma condução do equipamento de produção de uma forma mais estável e constante, reduzindo desvios nas condições de operação, um dos responsáveis pela produção de não conformes.
Não deve nunca ser esquecido que o documento resultante da aplicação desta técnica é sempre um documento "vivo" com necessidade de **revisões periódicas** quer com base em acções entretanto realizadas quer com base na experiência adquirida.

4.3.2 - AMFE de concepção de produto

4.3.2.1 - Introdução

Uma vez terminada a AMFE a todo o processo de fabrico resolvemos aplicá-la a alguns produtos, aqueles que davam origem a um maior número de reclamações.
Este estudo tem apenas em consideração a forma como foi concebido o produto, isto é, o tipo de componentes nele incorporados, as suas quantidades, o seu aspecto final, etc.
Desta forma pretendíamos realçar os benefícios que uma análise deste tipo traz na resolução de problemas relacionados com a concepção dos produtos.

4.3.2.2 - Modo de aplicação

Numa primeira fase fez-se uma reprodução fiel de um problema verídico ocorrido com o produto 723309005, durante o ano transacto. Foram seguidos todos os passos desde a identificação dos efeitos, modos e causas de falha, até ao cálculo do RPN resultante da implementação das acções correctivas, *anexo 11*.
Na realidade, durante a resolução deste problema, foi feito mentalmente uma AMFE, tal como o exposto no *anexo 11*, sem se ter, na altura, noção disso.
Uma vez concluído este estudo, fez-se o mesmo para um problema presente, para o qual não foi encontrada, ainda, nenhuma solução. Trata-se do produto 723107205, estando a sua documentação no *anexo 12*.

4.3.2.3 - Conclusões

Após conclusão da reprodução do problema ocorrido no passado com o produto 723309005, tivemos a sensação que uma abordagem semelhante à realizada para este tipo de problemas possibilita uma melhor organização de toda a informação nela envolvida, facilitando, assim, a sua abordagem e resolução. Por outro lado, como a sua resolução demora bastante tempo, vários meses, podendo atingir um ano, nenhuma informação é perdida. Tudo quanto foi feito e os resultados daí obtidos ficarão assim registados para desenvolvimentos futuros de novos produtos.

CAPÍTULO 5

Base de Dados - Megadur

5.1 - Introdução

Esta base de dados pretende armazenar toda a informação relevante no que respeita às condições de funcionamento, consideradas no momento como as ideais, para cada um dos produtos das tintas em pó. Por outro lado, permite ainda:

1. Registar desvios, fortuitos ou não, nos parâmetros de funcionamento do equipamento;
2. Registar as condições de funcionamento de todos os produtos não conformes.

No primeiro caso será aconselhável indicar os possíveis motivos para tais desvios e no segundo, as causas mais prováveis para a ocorrência da não conformidade, que poderão ir desde uma falha mecânica até uma falha humana.
Assim, poderá ser feita uma comparação periódica entre um funcionamento considerado como normal e bem sucedido com funcionamentos anormais para, deste modo, se tentarem descobrir causas para essas anormalidades.
A implementação desta base de dados irá permitir:

- Registo das condições de funcionamento ideais para cada produto;
- Definição dos parâmetros de funcionamento do equipamento de uma forma automática e, portanto, mais rápida e segura, por impressão de uma folha contendo esses mesmos dados, no início de cada fabrico;
- Reduzir erros humanos na regulação do equipamento, como já tem vindo a suceder no passado;
- O correlacionamento de não conformidades com determinadas condições de funcionamento, através de uma análise comparativa entre as condições de funcionamento consideradas ideais e as que originaram o aparecimento dos não conformes;
- A detecção de pontos críticos no processo de fabrico, por análise da frequência de ocorrência das causas que originaram desvios na produção.

5.2 - Manual de utilização

5.2.1 - Menu principal

Entrando na aplicação, a primeira janela a surgir corresponde ao menu principal, que se encontra representado na figura 5.1. Nele, estão incorporadas as diversas opções existentes no programa.

- *Introdução de dados*

  Permite a introdução das condições de funcionamento padrão, isto é, consideradas até à altura como as ideais, e dos desvios ocorridos durante um dado fabrico

- *Visualização de dados*

  Aqui é possível visualizar condições de funcionamento padrão e desvios no funcionamento.

- *Sair*

  Abandono da aplicação.

- *?*

  É possível obter informação geral sobre o programa assim como explorar o interior do mesmo.

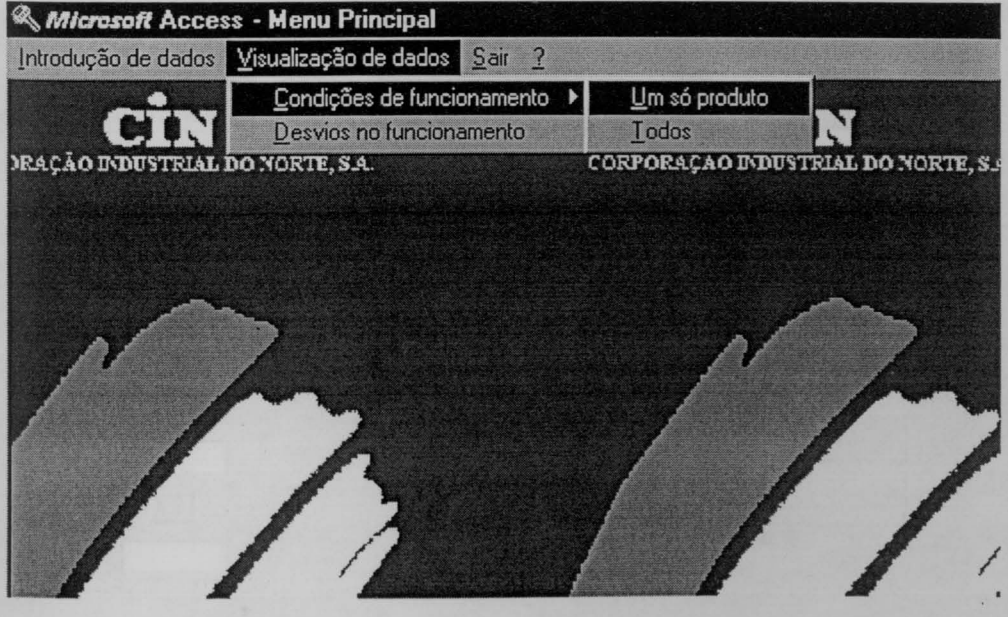


Figura 5.1 - Menu principal

5.2.2 - Introdução de dados

Existem dois tipos de dados:

- Condições de funcionamento padrão;
- Desvios no funcionamento.

5.2.2.1 - Condições de funcionamento padrão

Aqui serão introduzidas as condições de funcionamento de um produto bem sucedido, sendo por isso, consideradas como as ideais. A introdução dessa informação é separada entre *extrusora* e *moinho*, sendo ainda introduzida a linha onde o produto em causa foi produzido, a ordem de fabrico, a data e o número da versão, figura 5.2. Este último campo, versão, destina-se ao registo da evolução das várias condições padrão para cada produto, pelo que a uma nova versão terá que corresponder um número **superior** ao da última introduzida, que até à altura era considerada como a ideal.

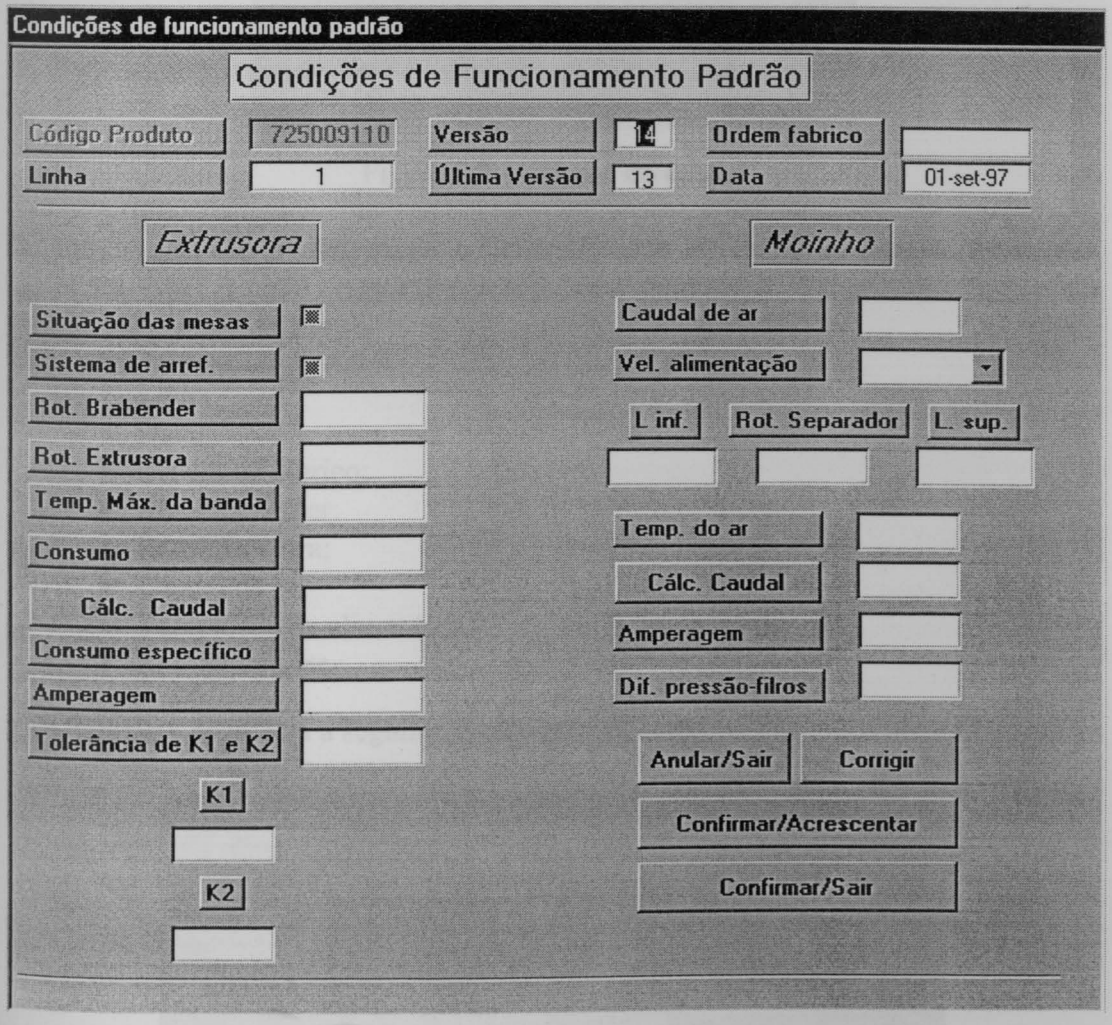


Figura 5.2 - Condições de funcionamento padrão

O *caudal* é cálculado de uma forma automática, assim como o *consumo específico*. No caso do caudal, após ser pressionado o botão "*Cálc. Caudal*" surge uma janela sobre o ecrã, para a introdução das várias horas de início e final ocorridas durante o respectivo fabrico, assim como da quantidade produzida, figura 5.3. A partir destes dados é calculado o caudal correspondente. O consumo específico será calculado apenas quando os campos caudal e consumo estiverem preenchidos, como é lógico.

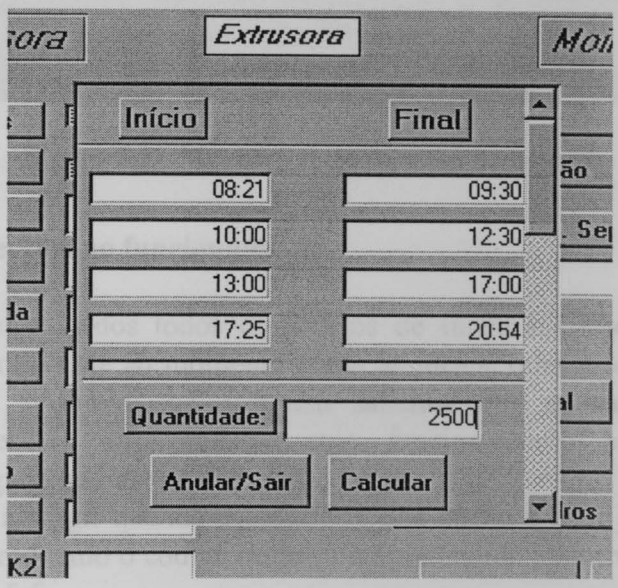


Figura 5.3 - Cálculo do caudal

De referir que não é obrigatório o preenchimento de todos os campos existentes, figura 5.2. Apenas terão que ser preenchidos os seguintes:

- Versão;
- Linha;
- Data;
- Ordem de fabrico;
- Rot. Brabender;
- Rot. Extrusora;
- Caudal de ar;
- Velocidade de alimentação;
- Rot. Separador.

caso contrário aparecerá a seguinte mensagem no ecrã:

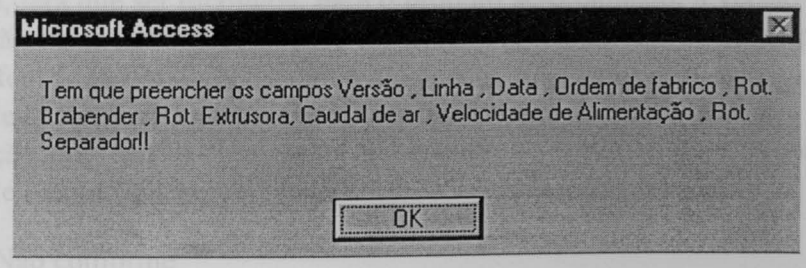


Figura 5.4 - Mensagem indicando o não preenchimento de alguns campos

Da mesma forma, se em algum dos campos forem introduzidos dados com um formato diferente do exigido aparecerá uma mensagem a alertar para tal, figura 5.5.

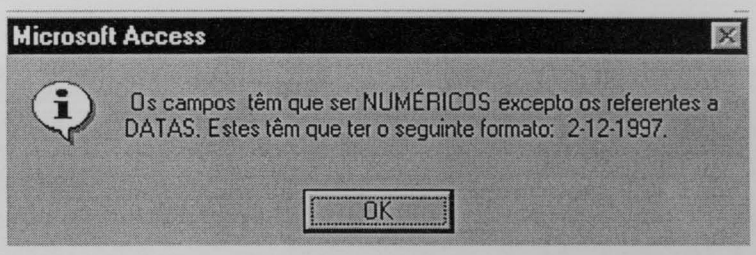


Figura 5.5 - Mensagem de formato incorrecto

5.2.2.2 - Desvios no funcionamento

Neste item são introduzidos todos os desvios de funcionamento relativamente às condições consideradas até ao momento como as ideais, quer estes tenham dado ou não aparecimento a defeituosos. Convém salientar que apenas será possível a introdução de desvios nos produtos cujo funcionamento padrão tenha sido previamente carregado na base de dados.
A primeira janela a surgir quando escolhemos esta opção é uma janela de selecção; nela deverá ser introduzido o código do produto pretendido, recorrendo ou não à lista aí existente, figura 5.6.

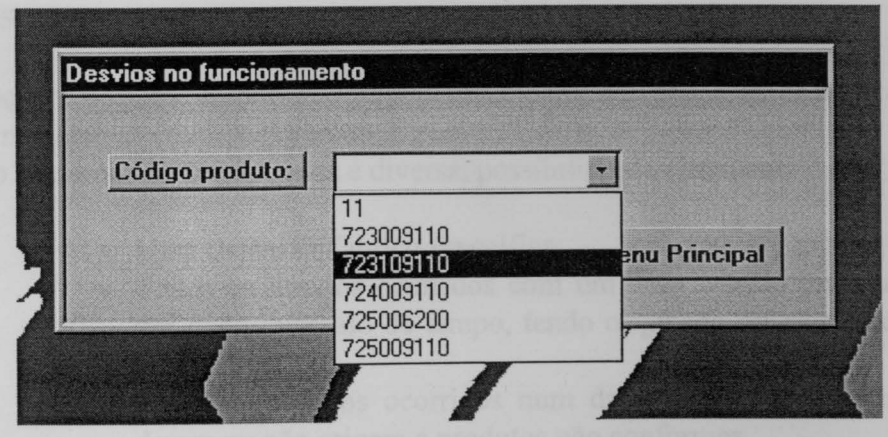


Figura 5.6 - Selecção do produto

De seguida, terá que ser escolhida, para o produto seleccionado, a versão considerada como padrão no momento da ocorrência desse desvio. Imediatamente aparecerão os campos refentes às condições de funcionamento que terão, por defeito, os valores correspondentes ao padrão anteriormente seleccionado.
A introdução dos dados é em tudo semelhante ao descrito anteriormente, com a diferença de incluir dois novos campos:

- Não conforme
- Motivo

O primeiro serve para indicar se esse desvio deu origem ou não a um produto não conforme, enquanto que no segundo são indicados os motivos responsáveis por tais desvios, figura 5.7.

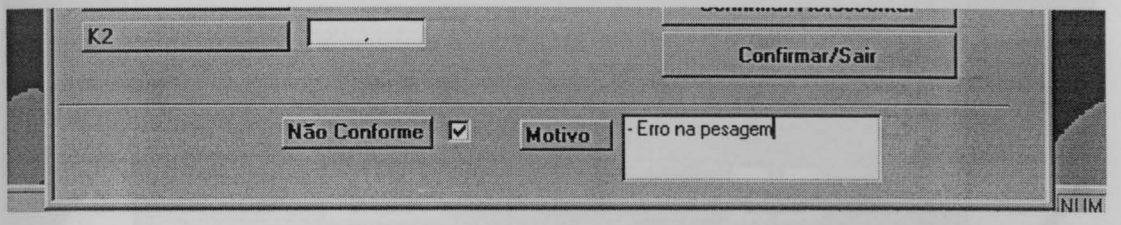


Figura 5.7 - Indicação da não conformidade e dos respectivos motivos

5.2.3 - Visualização de dados

5.2.3.1 - Condições de funcionamento padrão

Seleccionando este item podemos visualizar os dados introduzidos em 5.2.2.1 com a diferença de permitir *Alterar*, *Eliminar* e *Imprimir* esses mesmos dados. A forma como estes nos são apresentados é semelhante ao da introdução.

5.2.3.2 - Desvios no funcionamento

Esta opção é bastante importante pois permite comparar todos os desvios ocorridos com as respectivas condições padrão, figura 5.8.
O modo de filtragem destes dados é diversa, possibilitando visualizar:

- Uma ordem de fabrico específica;
- Todos os desvios ocorridos com um determinado produto durante um dado intervalo de tempo, tendo originado ou não produtos não conformes;
- Todos os desvios ocorridos num dado intervalo de tempo e que deram ou não origem a produtos não conformes.

A escolha da opção pretendida é feita de uma forma rápida e simples, figura 5.9.

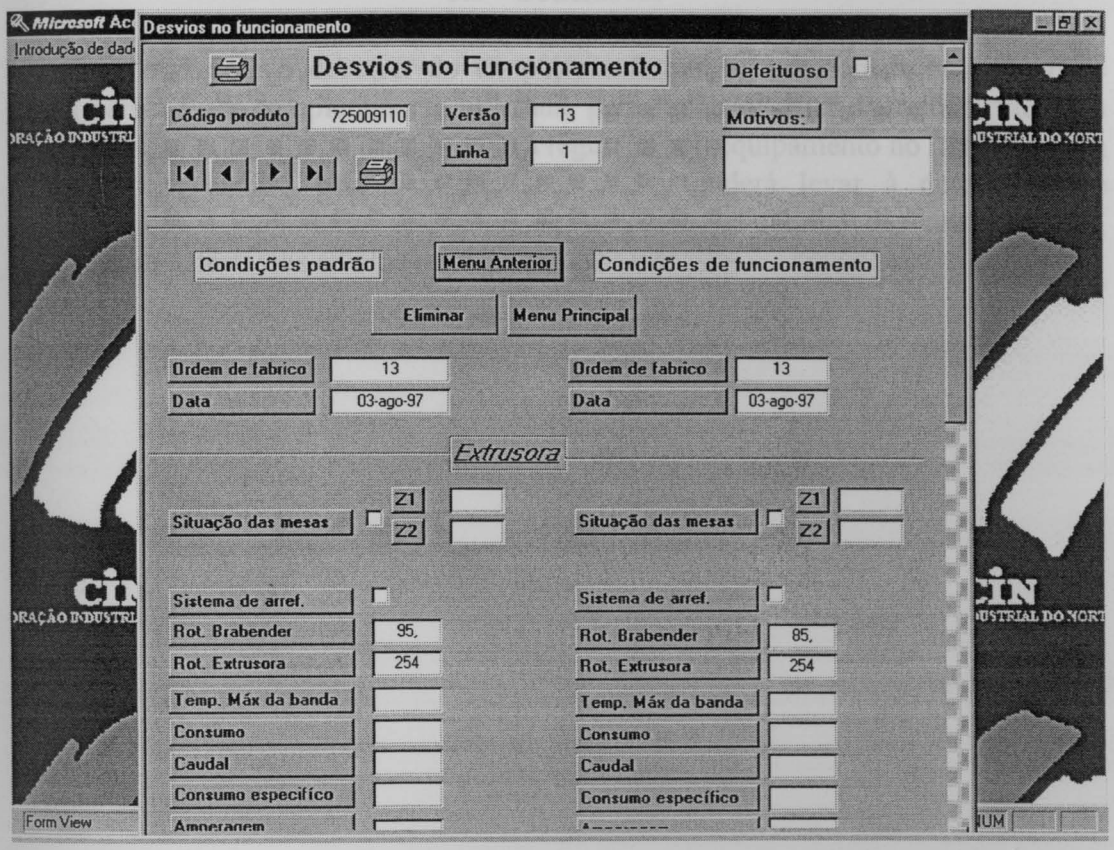


Figura 5.8 - Visualização dos desvios

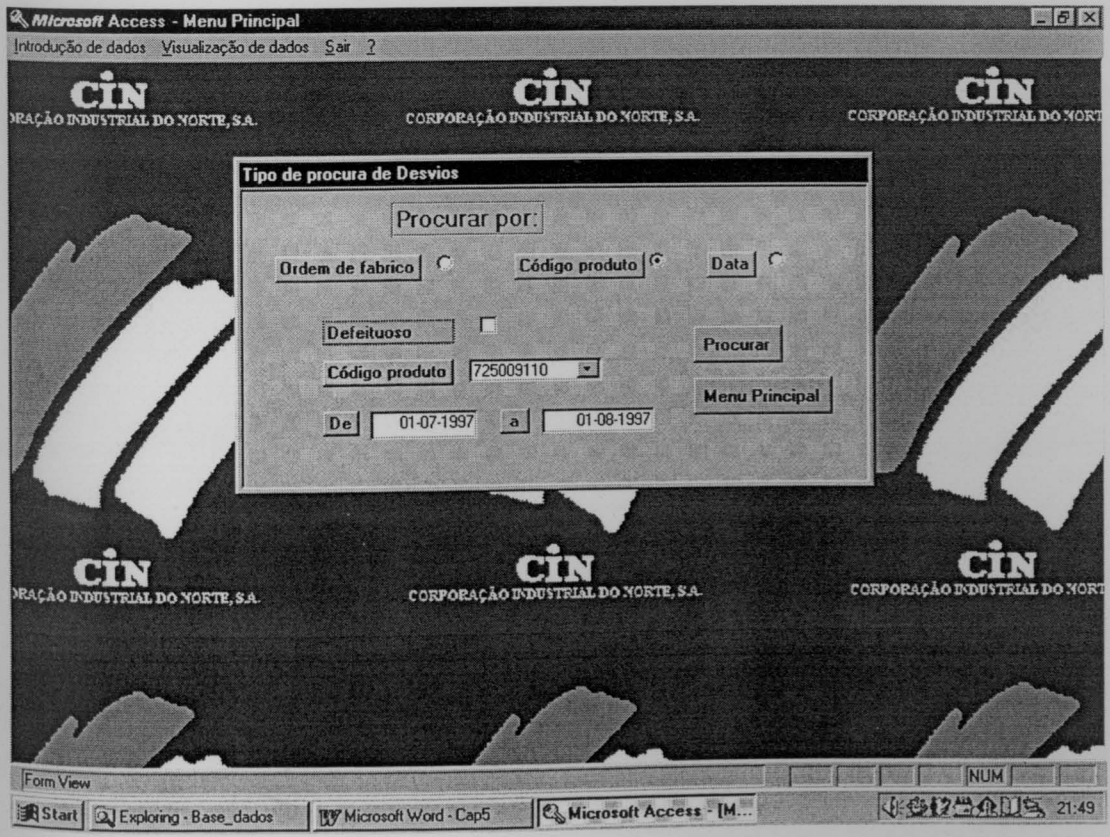


Figura 5.9 - Filtragem dos desvios

5.3 - Conclusões

Espera-se que, com o decorrer do tempo, a informação armazenada nesta base de dados venha a ser completamente utilizada, permitindo detectar aspectos críticos na fabricação das tintas em pó e facilitando a regulação do equipamento no início da cada fabrico. Uma análise periódica dos seus dados poderá levar à descoberta de características e parâmetros relevantes no processo de fabrico das tintas em pó, dificilmente detectáveis a "olho nú":

CAPÍTULO 6

Conclusões finais

O trabalho apresentado pretendeu sublinhar os benefícios de uma análise rigorosa e devidamente estruturada, numa filosofia de melhoria contínua. As ferramentas usadas são actuais, com provas dadas na indústria.

O Desenho de Experiências, apresentado no capítulo 3, permitiu-nos adquirir um melhor conhecimento dos moinhos, sobretudo no que respeita à influência da cada factor controlável na granulometria do produto final. As capacidades e limites do equipamento foram também aqui testadas.

A Análise Modal de Falhas e Efeitos (AMFE), desenvolvida no capítulo 4, pôs em evidência os pontos fracos e as áreas críticas de todo o processo de fabrico das tintas em pó. Os estrangulamentos encontrados terão, agora, que ser atacados para assim melhorarmos o rendimento global do processo.

Estas acções não podem ser isoladas; de futuro, aconselha-se a criação de rotinas para a elaboração periódica de estudos semelhantes, pois só assim poderemos falar de uma filosofia de melhoria contínua.

Por último, o autor gostaria de referir que durante os 6 meses de estágio na CIN teve a oportunidade de experimentar um ambiente inovador, com vontade de desenvolver e actualizar constantemente os seus métodos de trabalho, recorrendo sempre às técnicas mais recentes. Fazendo um balanço global da sua estadia na empresa, o autor sente ter enriquecido não só a nível profissional, mas também como ser humano.

Referências

- J. F. Hughes. *Electrostatic Powder Coating.*

- S. T. Harris B. Sc. *The technology of Powder Coatings.*

- T. A. Misev. *Powder Coatings Chemistry and Technology.*

- *Manual da Qualidade.* CIN - SA.

- Elwood Buffa. *Modern Production Operations.* Wiley.

- Euclides Coimbra e Manuel Pinho, 1990. *Introdução às Técnicas de Taguchi.*

- A. Leitão. *Apontamentos de Estatística Industrial.*

- J. F. Gonçalves. *Apontamentos de Gestão da Produção.*

- J. S. Cabral e R. Guimarães. *Apontamentos de Estatística.*

- D. W. Newton. *Factorial Experimentation, the 2^n Design and Taguchi methods.* Dept. of Engineering Production, University of Birmingham.

- G. Taguchi, 1986. *Introduction to Quality Engineering.* Tokyo, Asian Productivity Association.

- T. P. Ryan, 1988. *Taguchi's Approach to Experimental Design.*

- J. S. Cabral. *Apontamentos de Gestão da Qualidade.*

- J. M. Juran e F. M. Gryna, 1980. *Quality planning and Analysis.* Mc Graw-Hill.

ANEXOS

ANEXO 1

Produtos Megadur

	Sector	Resinas	Brilho [1]	Superfície	Aplicação	Temperatura [4] + Tempo de cura
72300	Megadur	EP / POL	Brilhante	Liso	Electrost.	10 min. a 180ºC
72301 [2]	Megadur	EP / POL	Brilhante	Liso	Electrost.	10 min. a 180ºC
72310	Megadur	EP / POL	Meio-brilho	Liso	Electrost.	10 min. a 180ºC
72320	Megadur	EP / POL	Casca de ovo	Liso	Electrost.	15 min. a 180ºC ou 10 min. a 200ºC
72330	Megadur	EP / POL	Mate	Liso	Electrost.	15 min. a 180ºC ou 10 min. a 200ºC
72331 [2]	Megadur	EP / POL	Mate	Liso	Electrost.	15 min. a 180ºC ou 10 min. a 200ºC
72350	Megadur	EP / POL	Brilhante	Liso	Tribo	12 min. a 190ºC
72351	Megadur	EP / POL	Meio-brilho	Liso	Tribo	12 min. a 190ºC
72352	Megadur	EP / POL	Casca de ovo	Liso	Tribo	12 min. a 190ºC
72353	Megadur	EP / POL	Mate	Liso	Tribo	12 min. a 190ºC
72400	Megadur	EP / POL	Brilhante	Liso	Electrost.	10 min. a 160ºC
72410	Megadur	EP / POL	Meio-brilho	Liso	Electrost.	15 min. a 180ºC
72411 [3]	Megadur	EP / POL	Meio-brilho	Liso	Electrost.	15 min. a 180ºC
72420	Megadur	EP / POL	Casca de ovo	Liso	Electrost.	15 min. a 180ºC
72500	Megadur	POL	Brilhante	Liso	Electrost.	10 min. a 200ºC
72501 [3]	Megadur	POL	Brilhante	Liso	Electrost.	10 min. a 200ºC
72502 [3]	Megadur	POL	Brilhante	Liso	Electrost.	10 min. a 200ºC
72503 [3]	Megadur	POL	Brilhante	Liso	Electrost.	10 min. a 200ºC
72505	Megadur	POL	Brilhante	Liso	Electrost.	10 min. a 200ºC
72510	Megadur	POL	Meio-brilho	Liso	Electrost.	10 min. a 200ºC
72520	Megadur	POL	Casca de ovo	Liso	Electrost.	10 min. a 200ºC
72530	Megadur	POL	Mate	Liso	Electrost.	10 min. a 200ºC
72550	Megadur	POL	Brilhante	Liso	Tribo	10 min. a 200ºC
72551	Megadur	POL	Meio-brilho	Liso	Tribo	10 min. a 200ºC
72552	Megadur	POL	Casca de ovo	Liso	Tribo	10 min. a 200ºC
72553	Megadur	POL	Mate	Liso	Tribo	10 min. a 200ºC
72560	Megadur	POL	Brilhante	Granulado	Electrost.	10 min. a 200ºC
72570	Megadur	POL	Brilhante	Texturado	Electrost.	10 min. a 200ºC
72573	Megadur	POL	Mate	Texturado	Electrost.	10 min. a 200ºC
72600	Megadur	POL	Brilhante	Liso	Electrost.	10 min. a 200ºC
72840	Megadur	EP	Brilhante	Texturado	Electrost.	15 min. a 180ºC
72860	Megadur	EP / POL	Brilhante	Granulado	Electrost.	10 min. a 180ºC
72861	Megadur	EP / POL	Brilhante	Granulado	Electrost.	10 min. a 180ºC
72870	Megadur	EP / POL	Brilhante	Texturado	Electrost.	15 min. a 180ºC

Nota: (1) Brilhante ⇒ brilho > 80º
Meio brilho ⇒ brilho 65 / 80º
Casca de ovo ⇒ brilho 30 / 65º
Mate ⇒ brilho < 30º

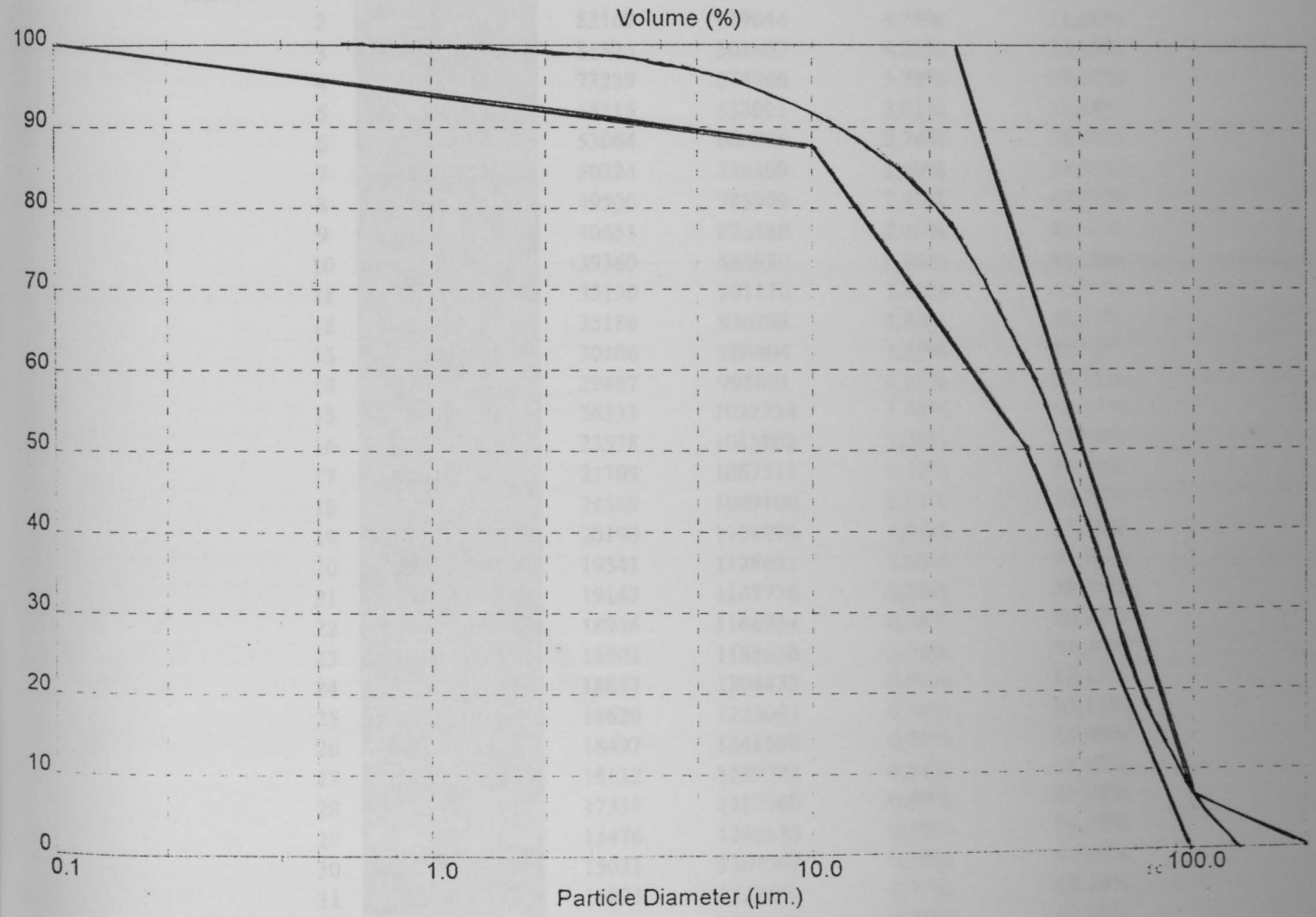
(2) Produtos destinados a serem aplicados em objectos manuseados pelas crianças. Seguem a norma EN 71.3.

(3) Produtos destinados a um único cliente.

(4) Temperatura do substracto.

ANEXO 2

Curva ideal e seus limites admissiveis



DIAMETRO (µm)	VOLUME (%)
10	87(min)
35	50(min)
50	50(max)
80	8(min)
100	8(max)

ANEXO 3

Análise ABC para o ano de 1996

% Produtos Total		Código do Produto	Produção (kg)	Produção Acumulada (kg)	% Produção Total	% Produção Acumulada
15,33%	1	725009110	336475	336475	17,37%	17,37%
	2	725006200	83169	419644	4,29%	21,66%
	3	725006192	81823	501467	4,22%	25,88%
	4	723009372	73239	574706	3,78%	29,67%
	5	723309005	58315	633021	3,01%	32,68%
	6	724009550	53064	686085	2,74%	35,41%
	7	723207035	50324	736409	2,60%	38,01%
	8	725003005	49500	785909	2,56%	40,57%
	9	725039110	40651	826560	2,10%	42,67%
	10	725006357	39360	865920	2,03%	44,70%
	11	725008146	35190	901110	1,82%	46,51%
	12	725006005	35188	936298	1,82%	48,33%
	13	723000540	30106	966404	1,55%	49,88%
	14	725008014	29487	995891	1,52%	51,41%
	15	725006204	26333	1022224	1,36%	52,77%
	16	723209005	23578	1045802	1,22%	53,98%
	17	724107407	21709	1067511	1,12%	55,10%
	18	725539001	21589	1089100	1,11%	56,22%
	19	725209005	20190	1109290	1,04%	57,26%
	20	725309001	19341	1128631	1,00%	58,26%
	21	725009003	19147	1147778	0,99%	59,25%
	22	725009005	18956	1166734	0,98%	60,22%
	23	725008144	18902	1185636	0,98%	61,20%
	24	725009100	18837	1204473	0,97%	62,17%
	25	725001015	18620	1223093	0,96%	63,13%
	26	723000550	18497	1241590	0,95%	64,09%
	27	724009419	18132	1259722	0,94%	65,02%
	28	725509418	17338	1277060	0,89%	65,92%
	29	724009540	15476	1292536	0,80%	66,72%
	30	725306200	15031	1307567	0,78%	67,49%
	31	725005010	14893	1322460	0,77%	68,26%
	32	725309005	14460	1336920	0,75%	69,01%
	33	725009010	13490	1350410	0,70%	69,71%
	34	725307035	12941	1363351	0,67%	70,37%
	35	728709005	12611	1375962	0,65%	71,02%
	36	723207169	12485	1388447	0,64%	71,67%
	37	728617433	12378	1400825	0,64%	72,31%
	38	723307169	12131	1412956	0,63%	72,93%
	39	725006403	12113	1425069	0,63%	73,56%
	40	725539110	10335	1435404	0,53%	74,09%
	41	725008017	10186	1445590	0,53%	74,62%
	42	723107336	10167	1455757	0,52%	75,14%
17,15%	43	723207037	9734	1465491	0,50%	75,65%

	44	**724002011**	9573	1475064	0,49%	76,14%
	45	**725003003**	9193	1484257	0,47%	76,61%
	46	**725006416**	9179	1493436	0,47%	77,09%
	47	**725009414**	8779	1502215	0,45%	77,54%
	48	**725059442**	8764	1510979	0,45%	77,99%
	49	**723201275**	8232	1519211	0,42%	78,42%
	50	**725059110**	8136	1527347	0,42%	78,84%
	51	**725007012**	7959	1535306	0,41%	79,25%
	52	**725007011**	7919	1543225	0,41%	79,66%
	53	**723003000**	7708	1550933	0,40%	80,06%
	54	**728617032**	7617	1558550	0,39%	80,45%
	55	**725003000**	7390	1565940	0,38%	80,83%
	56	**723207458**	7349	1573289	0,38%	81,21%
	57	**724101007**	7264	1580553	0,37%	81,58%
	58	**724105010**	6863	1587416	0,35%	81,94%
	59	**725007038**	6603	1594019	0,34%	82,28%
	60	**723107403**	6204	1600223	0,32%	82,60%
	61	**723108153**	6175	1606398	0,32%	82,92%
	62	**724207431**	6034	1612432	0,31%	83,23%
	63	**724009451**	5962	1618394	0,31%	83,54%
	64	**725007035**	5803	1624197	0,30%	83,84%
	65	**724102004**	5730	1629927	0,30%	84,13%
	66	**725005013**	5711	1635638	0,29%	84,43%
	67	**725019110**	5672	1641310	0,29%	84,72%
	68	**725006360**	5454	1646764	0,28%	85,00%
	69	**723301244**	5285	1652049	0,27%	85,28%
	70	**724117032**	5200	1657249	0,27%	85,54%
	71	**725308146**	5071	1662320	0,26%	85,81%
	72	**723001013**	4990	1667310	0,26%	86,06%
	73	**725007373**	4914	1672224	0,25%	86,32%
	74	**723009010**	4751	1676975	0,25%	86,56%
	75	**725308314**	4616	1681591	0,24%	86,80%
	76	**724108215**	4536	1686127	0,23%	87,03%
	77	**725309100**	4528	1690655	0,23%	87,27%
	78	**723205002**	4500	1695155	0,23%	87,50%
	79	**725003007**	4346	1699501	0,22%	87,72%
	80	**725001021**	4200	1703701	0,22%	87,94%
	81	**723001015**	4087	1707788	0,21%	88,15%
	82	**723009005**	3925	1711713	0,20%	88,35%
	83	**724007011**	3875	1715588	0,20%	88,55%
	84	**723008234**	3875	1719463	0,20%	88,75%
	85	**725209110**	3857	1723320	0,20%	88,95%
	86	**725309010**	3857	1727177	0,20%	89,15%
	87	**725506192**	3761	1730938	0,19%	89,35%
	88	**725006356**	3756	1734694	0,19%	89,54%
	89	**725531513**	3752	1738446	0,19%	89,73%
67,52%	90	**723207430**	3644	1742090	0,19%	89,92%
	91	**723207038**	3564	1745654	0,18%	90,11%
	92	**725308239**	3564	1749218	0,18%	90,29%
	93	**725005182**	3540	1752758	0,18%	90,47%
	94	**723108149**	3520	1756278	0,18%	90,66%
	95	**723207981**	3447	1759725	0,18%	90,83%
	96	**723007446**	3344	1763069	0,17%	91,01%

97	725009002	3245	1766314	0,17%	91,17%
98	723308238	3198	1769512	0,17%	91,34%
99	724108214	3180	1772692	0,16%	91,50%
100	728407404	3074	1775766	0,16%	91,66%
101	723203004	3035	1778801	0,16%	91,82%
102	725006018	2955	1781756	0,15%	91,97%
103	723107205	2905	1784661	0,15%	92,12%
104	725309110	2762	1787423	0,14%	92,26%
105	723015004	2730	1790153	0,14%	92,40%
106	726009005	2727	1792880	0,14%	92,54%
107	723537022	2668	1795548	0,14%	92,68%
108	723001603	2660	1798208	0,14%	92,82%
109	723535003	2660	1800868	0,14%	92,96%
110	723005010	2649	1803517	0,14%	93,09%
111	725006418	2632	1806149	0,14%	93,23%
112	723103325	2567	1808716	0,13%	93,36%
113	723309002	2501	1811217	0,13%	93,49%
114	723008014	2493	1813710	0,13%	93,62%
115	723001194	2492	1816202	0,13%	93,75%
116	725106005	2320	1818522	0,12%	93,87%
117	725509113	2228	1820750	0,12%	93,98%
118	725001013	2173	1822923	0,11%	94,10%
119	725007015	2168	1825091	0,11%	94,21%
120	723207406	2162	1827253	0,11%	94,32%
121	723107004	2116	1829369	0,11%	94,43%
122	723010540	2112	1831481	0,11%	94,54%
123	725008216	2068	1833549	0,11%	94,64%
124	725007417	1946	1835495	0,10%	94,74%
125	725506005	1847	1837342	0,10%	94,84%
126	723309003	1819	1839161	0,09%	94,93%
127	723208014	1782	1840943	0,09%	95,03%
128	723537413	1730	1842673	0,09%	95,11%
129	723207452	1692	1844365	0,09%	95,20%
130	723537415	1685	1846050	0,09%	95,29%
131	723006018	1668	1847718	0,09%	95,38%
132	723300540	1634	1849352	0,08%	95,46%
133	725306192	1594	1850946	0,08%	95,54%
134	723003215	1587	1852533	0,08%	95,62%
135	725006002	1587	1854120	0,08%	95,71%
136	725003282	1586	1855706	0,08%	95,79%
137	723101408	1582	1857288	0,08%	95,87%
138	723207461	1577	1858865	0,08%	95,95%
139	723007182	1494	1860359	0,08%	96,03%
140	725006404	1459	1861818	0,08%	96,10%
141	724109395	1281	1863099	0,07%	96,17%
142	723207468	1270	1864369	0,07%	96,23%
143	725005002	1266	1865635	0,07%	96,30%
144	724009132	1240	1866875	0,06%	96,36%
145	725005022	1230	1868105	0,06%	96,43%
146	725003338	1224	1869329	0,06%	96,49%
147	723301845	1215	1870544	0,06%	96,55%
148	723207178	1206	1871750	0,06%	96,62%
149	724001018	1206	1872956	0,06%	96,68%

150	725307015	1169	1874125	0,06%	96,74%
151	725309398	1164	1875289	0,06%	96,80%
152	725009376	1163	1876452	0,06%	96,86%
153	725007016	1155	1877607	0,06%	96,92%
154	723309130	1148	1878755	0,06%	96,98%
155	725509100	1138	1879893	0,06%	97,04%
156	723518188	1101	1880994	0,06%	97,09%
157	724008002	1086	1882080	0,06%	97,15%
158	723206464	1067	1883147	0,06%	97,20%
159	723009132	1060	1884207	0,05%	97,26%
160	725009016	1056	1885263	0,05%	97,31%
161	725309468	1054	1886317	0,05%	97,37%
162	725007001	1051	1887368	0,05%	97,42%
163	723007174	1020	1888388	0,05%	97,47%
164	723007035	1018	1889406	0,05%	97,53%
165	723001021	997	1890403	0,05%	97,58%
166	725007042	993	1891396	0,05%	97,63%
167	725303005	961	1892357	0,05%	97,68%
168	725006009	875	1893232	0,05%	97,72%
169	725738323	823	1894055	0,04%	97,77%
170	723201015	818	1894873	0,04%	97,81%
171	725509110	812	1895685	0,04%	97,85%
172	723305323	797	1896482	0,04%	97,89%
173	725005011	775	1897257	0,04%	97,93%
174	725009001	740	1897997	0,04%	97,97%
175	725306412	735	1898732	0,04%	98,01%
176	725006016	718	1899450	0,04%	98,05%
177	723008319	704	1900154	0,04%	98,08%
178	725008189	668	1900822	0,03%	98,12%
179	723003155	666	1901488	0,03%	98,15%
180	724007000	654	1902142	0,03%	98,18%
181	725109003	650	1902792	0,03%	98,22%
182	723309010	637	1903429	0,03%	98,25%
183	725506356	628	1904057	0,03%	98,28%
184	723309456	627	1904684	0,03%	98,32%
185	725736200	619	1905303	0,03%	98,35%
186	725006021	611	1905914	0,03%	98,38%
187	728407012	601	1906515	0,03%	98,41%
188	723002146	598	1907113	0,03%	98,44%
189	724101224	596	1907709	0,03%	98,47%
190	723531429	591	1908300	0,03%	98,50%
191	723003303	582	1908882	0,03%	98,53%
192	725307486	578	1909460	0,03%	98,56%
193	723301213	574	1910034	0,03%	98,59%
194	725007032	571	1910605	0,03%	98,62%
195	725001878	570	1911175	0,03%	98,65%
196	723005348	559	1911734	0,03%	98,68%
197	724107032	558	1912292	0,03%	98,71%
198	723319005	558	1912850	0,03%	98,74%
199	725009550	556	1913406	0,03%	98,77%
200	723201499	554	1913960	0,03%	98,79%
201	724007429	544	1914504	0,03%	98,82%
202	724107480	543	1915047	0,03%	98,85%

203	725002004	541	1915588	0,03%	98,88%
204	723209153	539	1916127	0,03%	98,91%
205	723307450	535	1916662	0,03%	98,93%
206	723509550	534	1917196	0,03%	98,96%
207	723301268	531	1917727	0,03%	98,99%
208	723009100	529	1918256	0,03%	99,02%
209	724105017	528	1918784	0,03%	99,04%
210	723301269	528	1919312	0,03%	99,07%
211	724007005	528	1919840	0,03%	99,10%
212	723101402	527	1920367	0,03%	99,13%
213	723308155	526	1920893	0,03%	99,15%
214	725007421	526	1921419	0,03%	99,18%
215	723301192	526	1921945	0,03%	99,21%
216	728619005	510	1922455	0,03%	99,23%
217	725007289	490	1922945	0,03%	99,26%
218	723007001	483	1923428	0,02%	99,28%
219	723107426	393	1923821	0,02%	99,30%
220	728611007	392	1924213	0,02%	99,32%
221	723005349	391	1924604	0,02%	99,34%
222	725001034	367	1924971	0,02%	99,36%
223	725309460	367	1925338	0,02%	99,38%
224	725003293	366	1925704	0,02%	99,40%
225	725006029	358	1926062	0,02%	99,42%
226	725305503	354	1926416	0,02%	99,44%
227	725006348	352	1926768	0,02%	99,46%
228	724107030	352	1927120	0,02%	99,47%
229	723108150	352	1927472	0,02%	99,49%
230	725307001	350	1927822	0,02%	99,51%
231	725307043	350	1928172	0,02%	99,53%
232	725006032	350	1928522	0,02%	99,55%
233	725001019	342	1928864	0,02%	99,56%
234	725006417	342	1929206	0,02%	99,58%
235	725007043	342	1929548	0,02%	99,60%
236	723008235	327	1929875	0,02%	99,62%
237	725707042	273	1930148	0,01%	99,63%
238	723005296	224	1930372	0,01%	99,64%
239	725003004	219	1930591	0,01%	99,65%
240	725005019	219	1930810	0,01%	99,66%
241	723301013	215	1931025	0,01%	99,68%
242	723005179	214	1931239	0,01%	99,69%
243	724105318	207	1931446	0,01%	99,70%
244	724101023	206	1931652	0,01%	99,71%
245	724101011	199	1931851	0,01%	99,72%
246	725002189	199	1932050	0,01%	99,73%
247	724005007	199	1932249	0,01%	99,74%
248	725001011	198	1932447	0,01%	99,75%
249	724108230	196	1932643	0,01%	99,76%
250	724108334	195	1932838	0,01%	99,77%
251	723107438	194	1933032	0,01%	99,78%
252	723207248	194	1933226	0,01%	99,79%
253	728407038	194	1933420	0,01%	99,80%
254	723307012	194	1933614	0,01%	99,81%
255	725003346	193	1933807	0,01%	99,82%

256	723006455	193	1934000	0,01%	99,83%
257	723005304	193	1934193	0,01%	99,84%
258	723208222	192	1934385	0,01%	99,85%
259	725006033	192	1934577	0,01%	99,86%
260	725201867	190	1934767	0,01%	99,87%
261	723013005	189	1934956	0,01%	99,88%
262	725007037	189	1935145	0,01%	99,89%
263	723207868	188	1935333	0,01%	99,90%
264	723207036	187	1935520	0,01%	99,91%
265	721309005	184	1935704	0,01%	99,92%
266	725007021	183	1935887	0,01%	99,93%
267	725005341	183	1936070	0,01%	99,94%
268	724109199	183	1936253	0,01%	99,95%
269	723205014	183	1936436	0,01%	99,95%
270	723208321	181	1936617	0,01%	99,96%
271	725508017	177	1936794	0,01%	99,97%
272	725006219	175	1936969	0,01%	99,98%
273	723555355	173	1937142	0,01%	99,99%
274	723556414	172	1937314	0,01%	100,00%

ANEXO 4

Análise de variância - ANOVA

1 - Introdução

A técnica de análise de variância permite analisar a dispersão total presente num conjunto de dados.

2 - Três formas de estimar a variância

2.1 - Variância total

Subgrupo	Observações
1	4 5 5 4 8 4 3 7
2	2 4 3 7 5 4 2 5
3	3 6 6 4 5 4 6 6

- Número de subgrupos **k** = 3;
- Número de observações por subgrupo **n** = 8;
- Número total de observações **n** * **k** = 3 * 8 = 24;
- Utilizando o total das observações calcular a média e a variância:

  - Média = $\sum \sum x_{ij}$ / (k*n) = 112 / 24 =4.67;
  - Somatório dos quadrados = SQ = $\sum \sum (x_{ij}$ - Média$)^2$ = 55.33;
  - Graus de liberadade = GL = (k*n - 1) = 23;
  - Variância = Var = SQ / GL = 2.41;
  - Desvio padrão = STD = SQRT (Var) = 1.551.

2.2 - Variância dentro dos subgrupos

Subgrupo	Observações	Média	SQ	Var	STD
1	4 5 5 4 8 4 3 7	5.0	20.0	2.86	1.69
2	2 4 3 7 5 4 2 5	4.0	20.0	2.86	1.69
3	3 6 6 4 5 4 6 6	5.0	10.0	1.43	1.20

- Número de subgrupos **k** = 3;
- Número de observações por subgrupo n = 8;
- Número total de observações **n** * **k** = 3 * 8 = 24;
- Utilizando sa variâncias dos subgrupos calcular a sua média:

- Total dos SQ = 50.0;
- Graus de liberdade = K * (n-1) = 21;
- Média das variâncias = (2.86+2.86+1.43) / 3 = 2.38 ou 50.0 / 21 =2.38;
- Desvio padrão = STD = SQRT (Var) = 1.525.

2.3 - Variância entre subgrupos

Subgrupo	Observações	Média	Var	STD
1	4 5 5 4 8 4 3 7	5.0	2.86	1.69
2	2 4 3 7 5 4 2 5	4.0	2.86	1.69
3	3 6 6 4 5 4 6 6	5.0	1.43	1.20

- Número de subgrupos **k** = 3;
- Número de observações por subgrupo **n** = 8;
- Número total de observações **n** * **k** = 3 * 8 = 24;
- Utilizando as médias dos subgrupos calcular a sua variância:

- Média das médias = (5.0+4.0+5.0) / 3 = 4.67;
- Som. dos quadr. = SQ = 8 * $((5.0-4.67)^2 + (4.0-4.67)^2 + (5.0-4.67)^2)$ = 5.33;
- Graus de liberdade = GL = k - 1 = 3 - 1 = 2;
- Var das médias = 5.33 / 2 = 2.67;
- Desvio padrão médio = STD = SQRT (Var) = 1.633.

2.4 - Três formas de estimar a variância : resumo

1. Utilizando todas as k * n observações (variância total):

Média	SQ	Variância	Desvio padrão	GL
4.67	55.33	2.41	1.551	n*k-1 = 23

2. Utilizando as variância dos k subgrupos calcular a sua média (variância dentro dos subgrupos):

Média	SQ	Variância	Desvio padrão	GL
4.67	50.0	2.38	1.525	k*(n-1) = 21

3. Utilizando as média dos k subgrupos e calculando a sua variância (variância entre subgrupos):

Média	SQ	Variância	Desvio padrão	GL
4.67	5.33	2.67	1.633	k-1 = 2

3 - ANOVA

Fazer uma análise de variância consiste em comparar a variância entre subgrupos com a variância dentro dos subgrupos.

Tabela ANOVA:

Fonte de variação	SQ	GL	Var	F
Entre subgrupos	5.33	2	2.67	2.67/2.38 = 1.12
Dentro dos subgrupos	50.0	21	2.38	
Total	55.33	23	2.41	

Se as variâncias forem semelhantes o rácio F aproxima-se de 1. Neste caso dizemos que não é possível distinguir a variação introduzida pela mudança de subgrupo da variação estatística dentro dos subgrupos.
Se as variâncias não são semelhantes o rácio F afasta-se de 1. Neste caso conseguimos distinguir o efeito, na variação total, introduzido pela mudança de subgrupo da variação estatística dentro dos subgrupos.
Está provado que se ambas as amostras provierem de populações normais com a mesma variância, então a razão das estimativas dessas mesmas variâncias seguirá uma distribuição F. A distribuição F encontra-se tabelada para 90%, 95% e 99% de confiança.
Podemos traduzir o que foi dito da seguinte forma:

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$
$H_1 : \sigma_1^2 > \sigma_2^2 , \sigma_1^2 < \sigma_2^2 , \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

Estatística de teste:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \text{ , pois para duas populações normais } \frac{S_A^2 / \sigma_A^2}{S_B^2 / \sigma_B^2} \rightarrow F_{N_A-1, N_B-1}$$

H_0 verdadeira $\Rightarrow F \rightarrow F_{N_1-1, N_2-1}$

Nota: $\hat{\sigma}_A^2 = S_A^2$ e $\hat{\sigma}_B^2 = S_B^2$

Como $F_{2, 21} = 3.47 \geq 1.12$ o que não permite rejeitar a hipótese de semelhança, com 95% de confiança.

Graficamente,

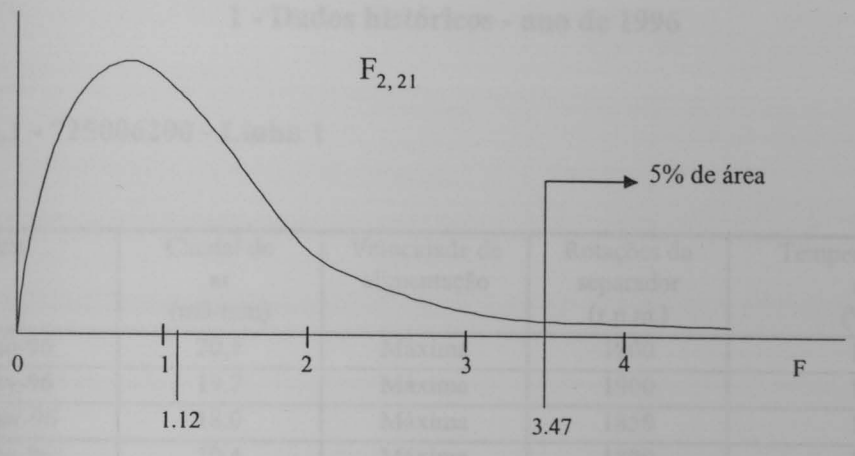


Figura A3.1 - Distribuição $F_{2,21}$

ANEXO 5

1 - Dados históricos - ano de 1996

1.1 - 725006200 - Linha 1

Data	Caudal do ar (m3/min)	Velocidade de alimentação	Rotações do separador (r.p.m.)	Temperatura do ar (ºC)
10-jan-96	20.1	Máxima	1900	12
05-fev-96	19.7	Máxima	1900	11
06-mar-96	18.0	Máxima	1850	13
09-abr-96	20.4	Máxima	1800	16
07-mai-96	20.2	Máxima	1900	13
15-jun-96	18.8	Máxima	1900	18
16-jul-96	19.8	Máxima	1900	15
20-ago-96	21.6	Máxima	1900	16
12-set-96	20.2	Máxima	1600	19
04-out-96	19.3	Máxima	1600	15
05-nov-96	19.5	Máxima	1750	13
09-dez-96	20.3	Máxima	1800	10
28-fev-97	18.5	Máxima	1800	15

Resultado final, que inclui os valores máximo e mínimo de funcionamento do Moinho da linha 1:

Caudal Ar (m3/min)	18,0 - 21,6
Velocidade Alimentação	Máxima
Separador (rpm)	1600-1900
Temperatura Ar (ºC)	10 - 19

1.2 - 725009110 - Linha 2

Data	Caudal do ar (m3/min)	Velocidade de alimentação	Rotações do separador (r.p.m.)	Temperatura do ar (ºC)
09-jan-96	67	Máxima	2024	15
08-fev-96	63	Máxima	2015	14
13-mar-96	72	Máxima	1937	16
15-abr-96	69	Máxima	1965	19
23-mai-96	71	Máxima	2021	16
03-jun-96	72	Máxima	1992	21
10-jul-96	73	Máxima	1983	18
06-ago-96	71	Máxima	1936	19
22-ago-96	72	Máxima	2003	22
26-set-96	72	Máxima	1916	18
23-out-96	71	Máxima	1975	16
18-nov-96	73	Máxima	1936	13
20-fev-97	70	Máxima	1965	15

Resultado final, que inclui os valores máximo e mínimo de funcionamento do Moinho da linha 2:

Caudal Ar (m3/min)	63 - 73
Velocidade Alimentação	Máxima
Separador (rpm)	1916-2024
Temperatura Ar (ºC)	13 - 22

2 - Níveis dos factores de controle: 3 níveis para cada

2.1 - 725006200 - Linha 1

i) Caudal do Ar (m3/min) 18,0 - 22,0 - 27,0

A capacidade do Moinho da linha 1, no que respeita ao caudal de ar máximo que consegue debitar, aumentou. Este aumento deve-se ao facto de se terem substituído os sacos que filtram os finos, de modo a evitar que estes contaminem a atmosfera. Assim, passou a ser possível atingir caudais de 27m^3/min, em vez dos caudais de 22 m^3/min, valor máximo até então possível de atingir. Daí, a escolha de 27 m^3/min para o limite máximo do caudal de ar.

ii) Velocidade de Alimentação Mínima - Média - Máxima

Estas são as três velocidades de alimentação possíveis.

iii) Rotações do Separador (r.p.m.) 1600-1800-1950

Os limites máximo e mínimo foram determinados com base nos dados históricos.

iv) Temperatura do Ar (ºC) 16-18-22

Uma vez que o Chiller não funcionava na altura da realização das experiências este factor foi afectado. Assim, as experiências foram realizadas em três alturas distintas do dia para, deste modo, obtermos três temperaturas igualmente distintas. Para a temperatura mais baixa fizeram-se as experiências às 9:00 horas da manhã, para a intermédia às 11:30 e para a mais alta às 15:00 horas.

2.2 - 725009110 - Linha 2

i) Caudal do Ar (m^3/min) 60 - 65 - 74

74 m^3/min corresponde ao limite máximo debitado pelo equipamento. O valor mínimo foi determinado com base nos dados históricos.

ii) Velocidade de Alimentação Mínima - Média - Máxima

Estas são as três velocidades de alimentação possíveis.

iii) Rotações do Separador (r.p.m.) 1700-1900-2000

O limite máximo foi determinado com base nos dados históricos.
Uma vez que estes apresentavam uma certa regularidade, no que respeita às rotações do separador, resolveu-se estabelecer um valor mínimo de 1700 rpm.

iv) Temperatura do Ar (ºC) 18-20-22

Ver Linha 1.

ANEXO 6

1 - Linha 1

8º passo: Cálculo das respostas das experiências

Uma vez recolhidas todas as amostras, foram feitas as medições respectivas de modo a obterem-se os valores das respostas pretendidas.

Matriz das respostas

Ensaio	% partículas < 10E-06 m	% partículas > 100E-06 m	% partículas [35, 50] E-06m
1	13.24 (*)	1.796	20.567
2	12.72	3.548	19.855
3	13.149 (*)	4.186	18.899
4	9.9	3.985	20.345
5	12.9	3.032	19.845
6	11.42	9.475 (*)	16.668
7	12.48	3.944	19.601
8	9.18	10.043 (*)	17.162
9	10.22	10.719 (*)	16.587
Média Global	**11.69**	**5.636**	**18.837**

(*): Valores que ultrapassam os limites admissíveis relativamente à granulometria dos produtos. Ver anexo 2.

Ensaio	Desvio padrão	Índice de Fluidização
1	24.671	183.08
2	27.161	170.86
3	28.208	168.28
4	27.204	169.61
5	26.647	170.71
6	34.872	157.54
7	27.68	167.47
8	34.095	153.03
9	35.548	157.65
Média Global	**29.565**	**166.47**

Ensaio		Aspecto	
	Eng.º Nelson Oliveira	Dr.ª Salomé Teotónio	Várias pessoas (Σ)
1	4	4	17
2	3.5	4	17
3	2	2	11.5
4	3.5	4	19.5
5	4	2	15.5
6	2	4	17.5
7	3.5	2	16
8	2	3.5	15
9	2	4	16
Média Global	**2.944**	**3.278**	**16.111**

Nota: - A classificação, em termos de aspecto, para as várias chapas, foi a seguinte:

Mau - 2
Médio - 3.5
Bom - 4

- A análise respeitante ao aspecto da chapa mostrou ser bastante difícil, pois a sua aparência não difere muito de umas chapas para outras, não havendo nenhuma efectivamente má que levasse à sua rejeição. Algumas chapas foram mesmo classificadas de forma oposta, ensaio 9 e 5. Deste modo, nos estudos posteriores, optámos por abandonar este tipo de análise.

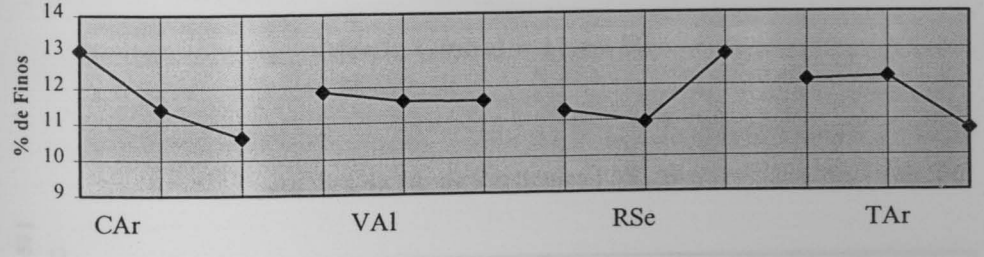
9º passo: Desenho dos gráficos dos valores médios de cada factor para cada nível
Desenho dos gráficos das interacções

% partículas < 10E-06 m

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (ºC)
1	13.036	11.873	11.280	12.120
2	11.407	11.600	10.947	12.207
3	10.627	11.596	12.843	10.743

Média Global = 11.69 %

Análise da % de Finos

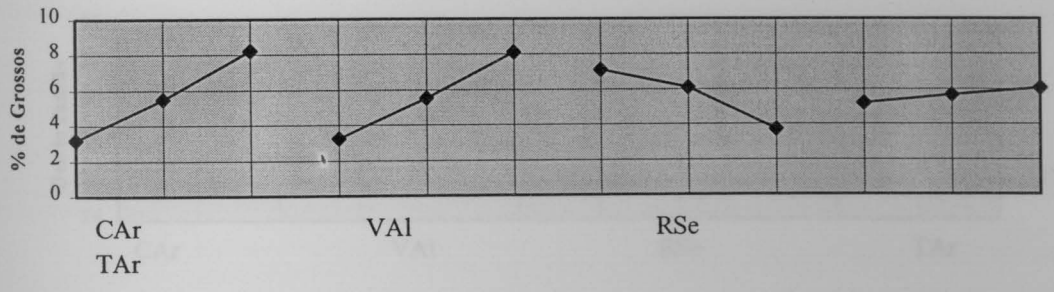


% partículas > 100E-06 m

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (°C)
1	3.177	3.242	7.105	5.182
2	5.497	5.541	6.084	5.656
3	8.235	8.127	3.721	6.071

Média Global = 5.64 %

Análise da % de Grossos

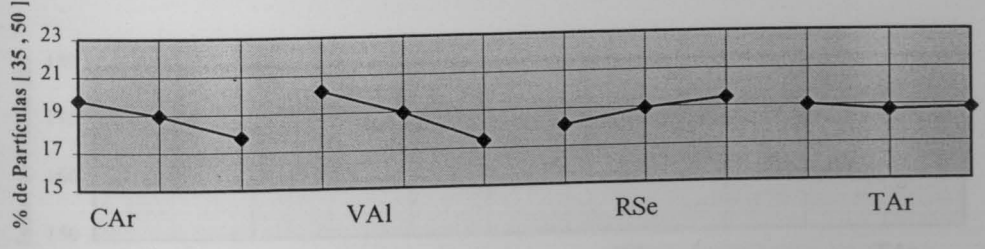


% partículas [35, 50] E-06 m

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (°C)
1	19.774	20.171	18.132	19.000
2	18.953	18.954	18.929	18.708
3	17.783	17.385	19.448	18.802

Média Global = 11.69 %

Análise da % de Partículas [35 , 50]

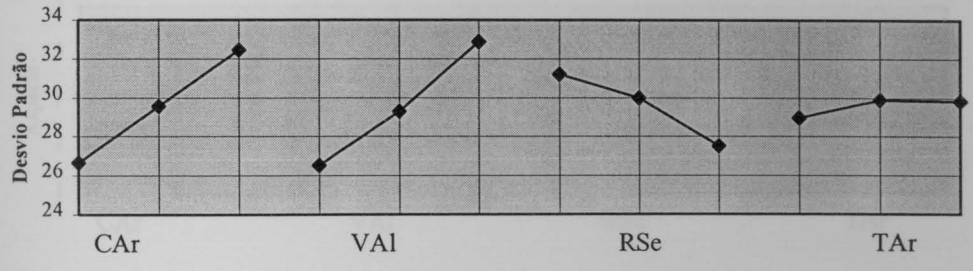


Desvio padrão

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (ºC)
1	26.680	26.518	31.213	28.955
2	29.574	29.301	29.971	29.904
3	32.441	32.876	27.521	29.836

Média Global = 29.57

Análise do Desvio Padrão

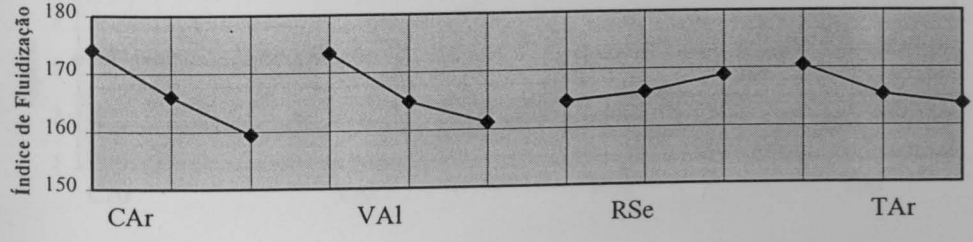


Índice de fluidização

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (ºC)
1	174.073	173.387	164.550	170.480
2	165.953	164.867	166.040	165.290
3	159.383	161.157	168.820	163.640

Média Global = 166.47

Análise do Índice de Fluidização

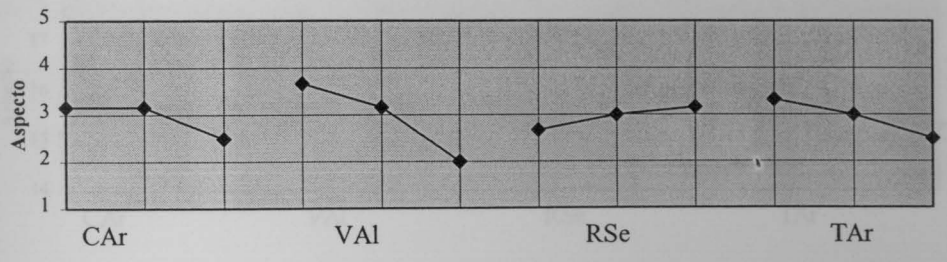


Aspecto - Eng.º Nelson Oliveira

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (ºC)
1	3.167	3.667	2.667	3.333
2	3.167	3.167	3.000	3.000
3	2.500	2.000	3.167	2.500

Média Global = 2.94

Análise do Aspecto - Engº Nelson Oliveira

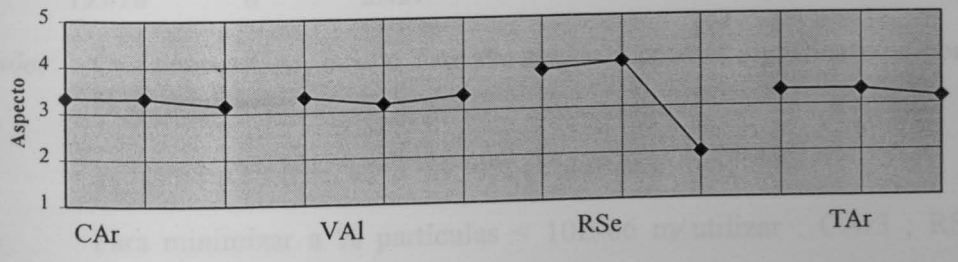


Aspecto - Dr.ª Salomé Teotónio

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (ºC)
1	3.333	3.333	3.833	3.333
2	3.333	3.167	4.000	3.333
3	3.167	3.333	2.000	3.167

Média Global = 3.28

Análise do Aspecto - Drª Salomé Teotónio

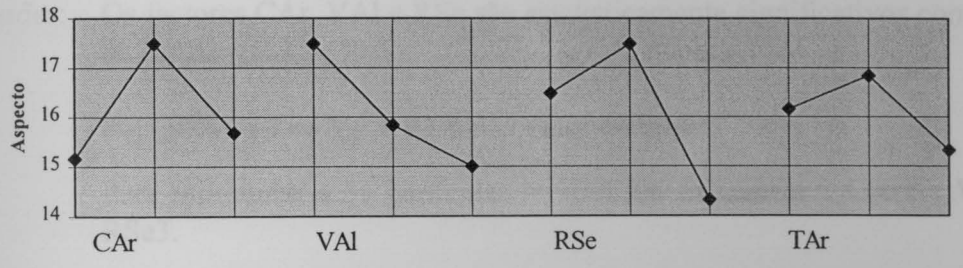


Aspecto - Várias pessoas

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (°C)
1	15.167	17.500	16.500	16.167
2	17.500	15.833	17.500	16.833
3	15.667	15.000	14.333	15.333

Média Global = 16.11

Análise do Aspecto - Várias pessoas



10º passo: Tabela Anova

% partículas < 10E-06 m

Tabela Anova

Factores	SQ	GL	Var	SQp	GLp	F	
CAr	9.072	2	4.536			59.93	
VAl	0.151	2	0.076	0.151	2		
RSe	6.151	2	3.076			40.64	
TAr	4.045	2	2.023			26.72	
VR	0	0	-	0.151	2	Vr =	0.076
VT	19.420	8	2.427				

Conclusões: Os factores CAr, RSe e TAr são estatisticamente significativos com 95 % de confiança.

$F_{2,2}$ (5%) = 19.0 $\Rightarrow$ **VP** = 96.39% (Valor de Prova)

Para minimizar a % partículas < 10E-06 m utilizar : CAr3 ; RSe2 ; TAr3.

CAr3 - Caudal de ar = 27 m^3/min
RSe2 - Rotações do separador = 1800 rpm
TAr3 - Temperatura do ar = 22°C

% partículas > 100E-06 m

Tabela Anova

Factores	SQ	GL	Var	SQp	GLp	F	
CAr	38.474	2	19.237			32.418	
VAl	35.834	2	17.917			30.194	
RSe	18.080	2	9.040			15.234	
TAr	1.187	2	0.593	1.187	2		
VR	0	0	-	1.187	2	Vr =	0.593
VT	93.575	8	11.697				

Conclusões: Os factores CAr, VAl e RSe são estatisticamente significativos com 90 % de confiança.

$F_{2,2}$ (10%) = 9 $\Rightarrow$ **VP** = 93.84% (Valor de Prova)

Para minimizar a % partículas > 100E-06 m utilizar : CAr1 ; VAl1 ; RSe3.

CAr1 - Caudal de ar = 18 m^3/min
VAl1 - Velocidade de alimentação Mínima
RSe3 - Rotações do separador = 1950 rpm

% partículas [35, 50] E-06 m

Tabela Anova

Factores	SQ	GL	Var	SQp	GLp	F	
CAr	6.002	2	3.001			45.126	
VAl	11.709	2	5.854			88.032	
RSe	2.636	2	1.318			19.817	
TAr	0.133	2	0.067	0.133	2		
VR	0	0	-	0.133	2	Vr =	0.067
VT	20.480	8	2.560				

Conclusões: Os factores CAr, VAl e RSe são estatisticamente significativos com 95 % de confiança.

$F_{2,2}$ (5%) = 19.0 $\Rightarrow$ **VP** = 95.20% (Valor de Prova)

Para maximizar a % partículas [35, 50] E-06 m utilizar : CAr1 ; VAl1 ; RSe3.

CAr1 - Caudal de ar = 18 m^3/min
VAl1 - Velocidade de alimentação Mínima
RSe3 - Rotações do separador = 1950 rpm

Desvio padrão

Tabela Anova

Factores	SQ	GL	Var	SQp	GLp	F	
CAr	49.784	2	24.892			29.628	
VAl	60.944	2	30.472			36.270	
RSe	21.287	2	10.644			12.669	
TAr	1.680	2	0.840	1.680	2		
VR	0	0	-	1.680	2	Vr =	0.840
VT	133.696	8	16.712				

Conclusões: Os factores CAr, VAl e RSe são estatisticamente significativos com 90 % de confiança.

$F_{2,2}$ (10%) = 9 $\Rightarrow$ **VP** = 92.69% (Valor de Prova)

Para minimizar o desvio padrão utilizar : CAr1 ; VAl1 ; RSe3.

CAr1 - Caudal de ar = 18 m^3/min
VAl1 - Velocidade de alimentação Mínima
RSe3 - Rotações do separador = 1950 rpm

Índice de Fluidização

Tabela Anova

Factores	SQ	GL	Var	SQp	GLp	F	
CAr	324.895	2	162.448			6.211	
VAl	235.927	2	117.964			4.510	
RSe	28.181	2	14.091	28.181	2		
TAr	76.444	2	38.222	76.444	2		
VR	0	0	-	104.626	4	Vr =	26.156
VT	665.448	8	83.181				

Conclusões: Os factores CAr e VAl são estatisticamente significativos com 90 % de confiança.

$F_{2,4}$ (10%) = 4.33 $\Rightarrow$ **VP** = 90.56% (Valor de Prova)

Para maximizar o índice de fluidização utilizar : CAr1 ; VAl1.

CAr1 - Caudal de ar = 18 m^3/min
VAl1 - Velocidade de alimentação Mínima

Aspecto - Eng.º Nelson Oliveira

Tabela Anova

Factores	SQ	GL	Var	SQp	GLp	F	
CAr	0.889	2	0.444	0.889	2		
VAl	4.389	2	2.194			5.643	
RSe	0.389	2	0.194	0.389	2		
TAr	1.056	2	0.528	1.056	2		
VR	0	0	-	2.333	6	Vr =	0.389
VT	6.722	8	0.840				

Conclusões: O factor VAl é estatisticamente significativo com 95 % de confiança.

$F_{2,6}$ (5%) = 5.14 $\Rightarrow$ **VP** = 95.81% (Valor de Prova)

Para melhorar o aspecto utilizar : VAl1.

VAl1 - Velocidade de alimentação Mínima

Aspecto - Dr.ª Salomé Teotónio

Tabela Anova

Factores	SQ	GL	Var	SQp	GLp	F	
CAr	0.056	2	0.028	0.056	2		
VAl	0.056	2	0.028	0.056	2		
RSe	7.389	2	3.694			133.000	
TAr	0.056	2	0.028	0.056	2		
VR	0	0	-	0.167	6	Vr =	0.028
VT	7.556	8	0.944				

Conclusões: O factor RSe é estatisticamente significativo com 95 % de confiança.

$F_{2,6}$ (5%) = 5.14 $\Rightarrow$ **VP** = 99.99% (Valor de Prova)

Para melhorar o aspecto utilizar : RSe2.

RSe2 - Rotações do separador = 1800 rpm

Aspecto - Várias pessoas

Tabela Anova

Factores	SQ	GL	Var	SQp	GLp	F	
CAr	9.056	2	4.528	9.056	2		
VAl	9.722	2	4.861	9.722	2		
RSe	15.722	2	7.861			2.128	
TAr	3.389	2	1.694	3.389	2		
VR	0	0	-	22.167	6	Vr =	3.694
VT	37.889	8	4.736				

Conclusões: O factor RSe é estatisticamente significativo com 80 % de confiança.

$F_{2,6}$ (20%) = 2.128 $\Rightarrow$ **VP** = 80.00% (Valor de Prova)

Para melhorar o aspecto utilizar : RSe2.

RSe2 - Rotações do separador = 1800 rpm

2 - Linha 2

8º passo: Cálculo das respostas das experiências

Uma vez recolhidas todas as amostras, foram feitas as medições respectivas de modo a obterem-se os valores das respostas pretendidas.

Matriz das respostas

Ensaio	% partículas < 10E-06 m	% partículas > 100E-06 m	% partículas [35, 50] E-06m	Desvio padrão
1	10,193	2,063	22,036	24,834
2	13,137 (*)	0,000	22,289	18,94
3	10,531	3,970	19,796	27,689
4	9,738	3,856	20,440	27,279
5	12,255	0,000	22,992	18,529
6	6,812	11,446 (*)	17,972	34,456
7	11,494	0,642	21,666	22,801
8	11,726	0,154	21,984	21,891
9	8,157	7,699	19,227	31,562
Média Global	**10.45**	**3.31**	**20.93**	**25.33**

(*): Valores que ultrapassam os limites admissíveis relativamente à granulometria dos produtos. Ver anexo 2.

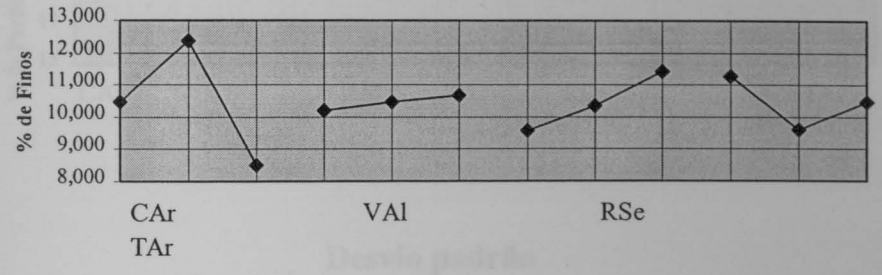
9º passo: Desenho dos gráficos dos valores médios de cada factor para cada nível
Desenho dos gráficos das interacções

% partículas < 10E-06 m

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (ºC)
1	10.475	10.202	9.577	11.287
2	12.373	10.481	10.344	9.601
3	8.500	10.665	11.427	10.459

Média Global = 10.45 %

Análise da % de Finos

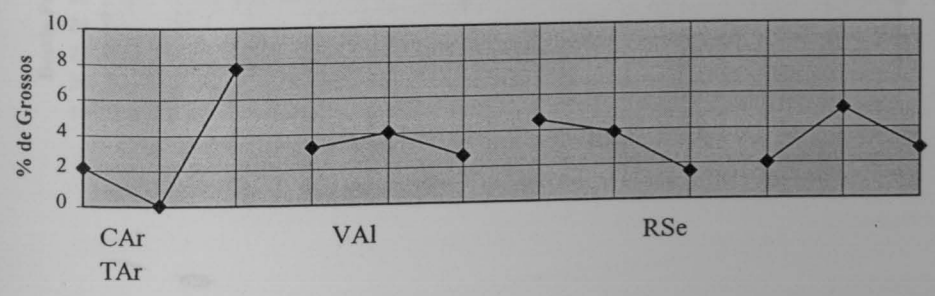


% partículas > 100E-06 m

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (ºC)
1	2.187	3.254	4.554	2.011
2	0.051	4.029	3.852	5.100
3	7.705	2.660	1.537	2.832

Média Global = 3.31 %

Análise da % de Grossos

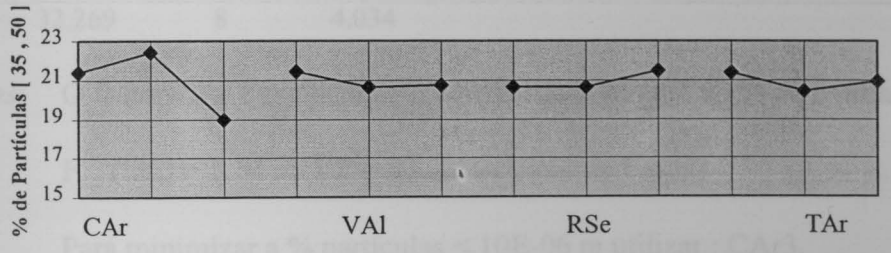


% partículas [35, 50] E-06 m

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (ºC)
1	21.381	21.418	20.664	21.374
2	22.421	20.642	20.652	20.468
3	18.998	20.740	21.485	20.959

Média Global = 20.93 %

Análise da % de Partículas [35 , 50]

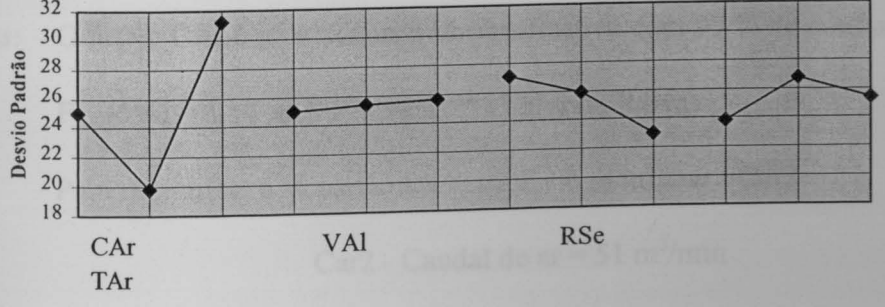


Desvio padrão

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (ºC)
1	24.971	24.975	27.060	23.821
2	19.787	25.399	25.927	26.755
3	31.236	25.620	23.006	25.418

Média Global = 25.33

Análise do Desvio Padrão



10º passo: Tabela Anova

% partículas < 10E-06 m

Tabela Anova

Factores	SQ	GL	Var	SQp	GLp	F	
CAr	22.500	2	11.250			6.91	
VAl	0.326	2	0.163	0.326	2		
RSe	5.181	2	2.591	5.181	2		
TAr	4.262	2	2.131	4.262	2		
VR	0	0	-	9.769	6	Vr =	1.628
VT	32.269	8	4.034				

Conclusões: O factor CAr é estatisticamente significativo com 95 % de confiança.

$F_{2,6}$ (5%) = 5.14 $\Rightarrow$ **VP** = 97.23% (Valor de Prova)

Para minimizar a % partículas < 10E-06 m utilizar : CAr3.

CAr3 - Caudal de ar = 68 m^3/min

% partículas > 100E-06 m

Tabela Anova

Factores	SQ	GL	Var	SQp	GLp	F	
CAr	93.593	2	46.797			8.472	
VAl	2.828	2	1.414	2.828	2		
RSe	14.949	2	7.474	14.949	2		
TAr	15.365	2	7.682	15.365	2		
VR	0	0	-	33.142	6	Vr =	5.524
VT	126.735	8	15.842				

Conclusões: O factor CAr é estatisticamente significativo com 95 % de confiança.

$F_{2,6}$ (5%) = 5.14 $\Rightarrow$ **VP** = 98.21% (Valor de Prova)

Para minimizar a % partículas > 100E-06 m utilizar : Car2.

Car2 - Caudal de ar = 51 m^3/min

% partículas [35, 50] E-06 m

Tabela Anova

Factores	SQ	GL	Var	SQp	GLp	F	
CAr	18.479	2	9.239			15.093	
VAl	1.072	2	0.536	1.072	2		
RSe	1.367	2	0.684	1.367	2		
TAr	1.234	2	0.617	1.234	2		
VR	0	0	-	3.673	6	Vr =	0.612
VT	22.152	8	2.769				

Conclusões: O factor CAr é estatisticamente significativo com 95 % de confiança.

$F_{2,6}$ (5%) = 5.14 $\Rightarrow$ **VP** = 99.93% (Valor de Prova)

Para maximizar a % partículas [35, 50] E-06 m utilizar : Car2.

CAr1 - Caudal de ar = 51 m^3/min

Desvio padrão

Tabela Anova

Factores	SQ	GL	Var	SQp	GLp	F	
CAr	197.202	2	98.601			306.184	
VAl	0.644	2	0.322	0.644	2		
RSe	26.250	2	13.125			40.756	
TAr	12.943	2	6.472			20.097	
VR	0	0	-	0.644	2	Vr =	0.322
VT	237.039	8	29.630				

Conclusões: Os factores CAr, Rse e TAr são estatisticamente significativos com 95 % de confiança.

$F_{2,2}$ (5%) = 19.0 $\Rightarrow$ **VP** = 95.26% (Valor de Prova)

Para minimizar o desvio padrão utilizar : Car2 ; RSe3 ; Tar1.

Car2 - Caudal de ar = 51 m^3/min
RSe3 - Rotações do separador = 2000 rpm
TAr1 - Temperatura do ar = 13ºC

ANEXO 7

Linha 2

11º passo: Definição dos óptimos teórico e económico

Optimizando, tal como foi feito para a linha 1, considerando apenas a % de partículas < 10E-06m, temos a seguinte combinação óptima:

Óptimo teórico = Óptimo económico = **CAr3 ; RSe1 ; TAr3 ; VAl3.**

12º passo: Previsão do valor a obter para a combinação considerada óptima

% partículas < 10E-06 m = Média + (CAr3 - Média)
= 10.45 + (8.500 - 10.45)
= **8.500 %**

13º passo: Ensaio do óptimo e sua comparação com a previsão

Resultados obtidos

% partículas < 10E-06 m	% partículas > 100E-06 m	% partículas [35, 50] E-06m	Desvio padrão
8,615	5,243	20,028	28,643

ANEXO 8

1 - Linha 1

8º passo: Cálculo das respostas das experiências

Matriz das respostas - Linha 1

Ensaio	% partículas [35, 50] E-06 m	Desvio padrão
1	18,712	31,395
2	19,531	27,944
3	19,281	29,111
4	17,693	32,876
5	18,268	31,474
6	19,559	27,701
7	16,002	38,302
8	17,887	32,644
9	18,411	31,593
10	18,613	30,404
11	19,505	27,545
12	20,755	25,080
13	17,021	34,602
14	19,400	27,803
15	19,523	27,854
16	16,768	36,452
17	17,666	33,342
18	18,703	30,203
19	18,447	31,577
20	19,979	27,619
21	20,362	26,958
22	18,604	31,871
23	18,555	31,463
24	19,395	28,080
25	16,926	35,263
26	17,469	33,625
27	18,742	30,672
Média Global	**18.58**	**30.869**

9º passo: Desenho dos gráficos dos valores médios de cada factor para cada nível
Desenho dos gráficos das interacções

% PARTÍCULAS [35, 50] E-06 M

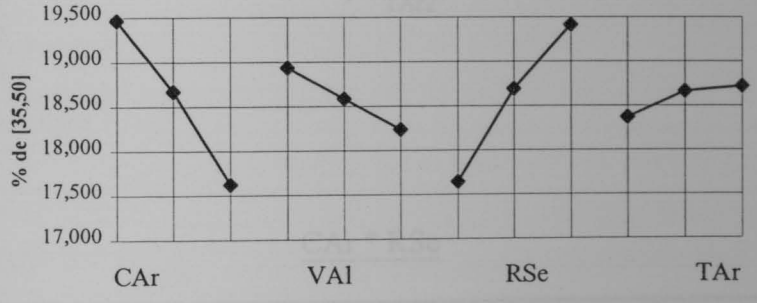
Linha 1

Factores principais

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (°C)
1	19.465	18.934	17.643	18.372
2	18.669	18.587	18.696	18.662
3	17.620	18.232	19.415	18.720

Média Global = 18.58 %

Análise da % [35,50]

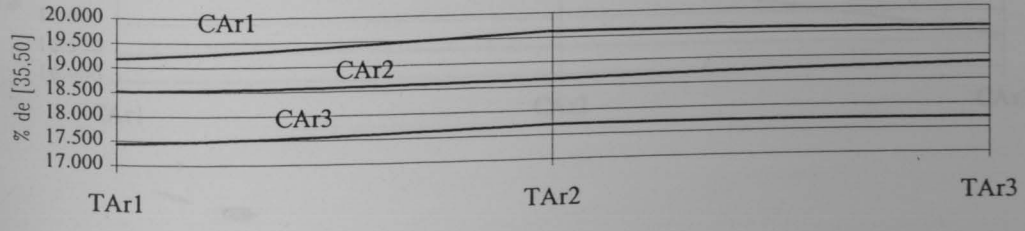


Interacções

TAr * CAr

TAr * CAr	CAr1	CAr2	CAr3
TAr1	19.175	18.507	17.433
TAr2	19.624	18.648	17.713
TAr3	19.596	18.851	17.713

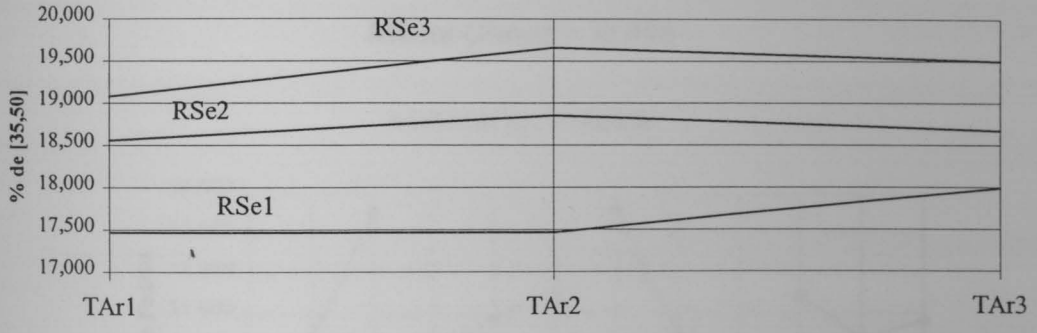
Análise da % [35,50]



TAr * RSe

TAr * RSe	RSe1	RSe2	RSe3
TAr1	17.469	18.562	19.084
TAr2	17.467	18.857	19.661
TAr3	17.992	18.668	19.500

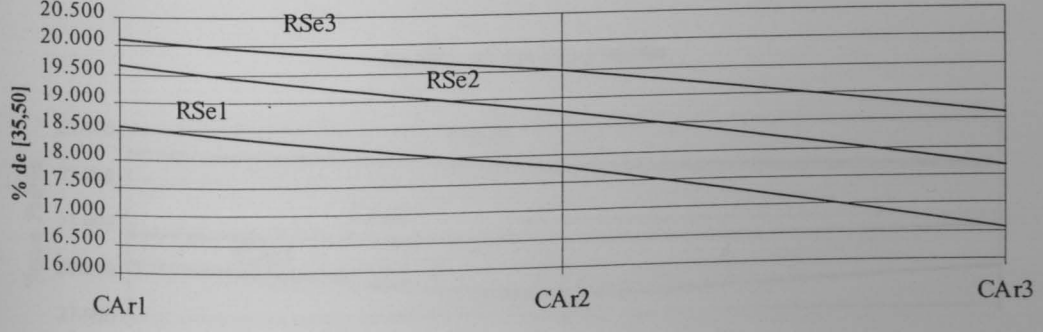
Análise da % [35,50]



CAr * RSe

CAr * RSe	RSe1	RSe2	RSe3
CAr1	18.590	19.671	20.133
CAr2	17.772	18.741	19.492
CAr3	16.566	17.674	18.619

Análise da % [35,50]



DESVIO PADRÃO

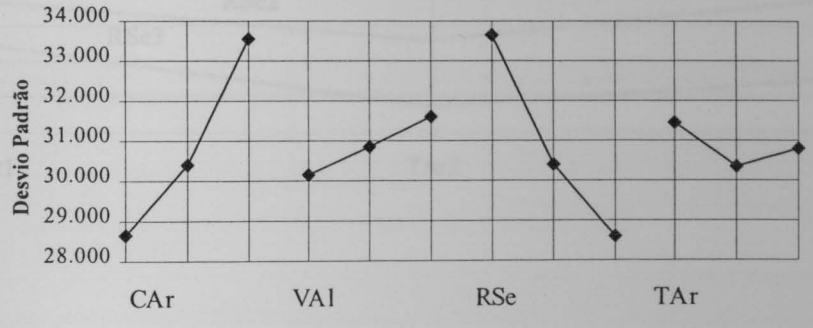
Linha 1

Factores principais

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (°C)
1	28,626	30,137	33,638	31,449
2	30,414	30,855	30,384	30,365
3	33,566	31,613	28,584	30,792

Média Global = 30.896

Análise do Desvio Padrão

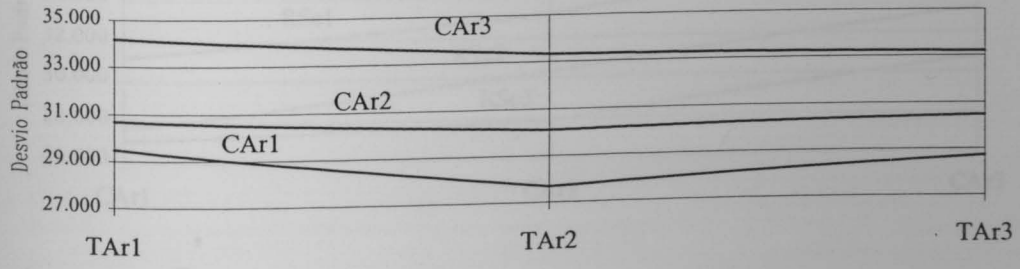


Interacções

TAr * CAr

TAr * CAr	CAr1	CAr2	CAr3
TAr1	29,483	30,684	34,180
TAr2	27,676	30,086	33,332
TAr3	28,718	30,471	33,187

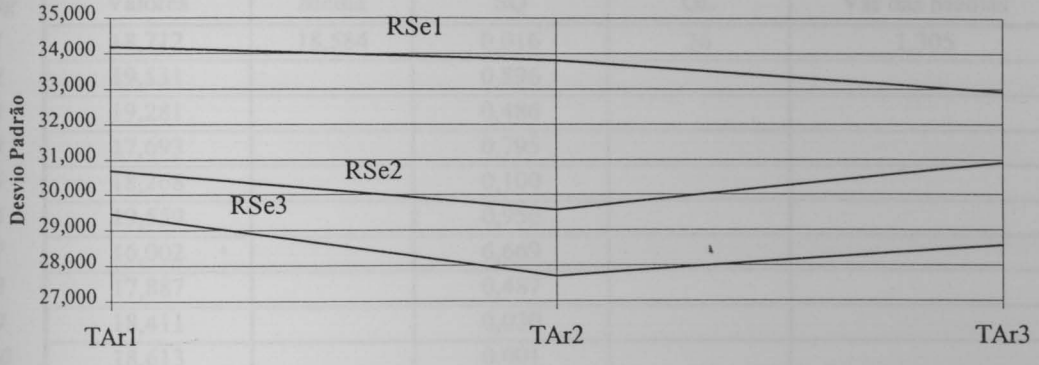
Análise do Desvio Padrão



TAr * RSe

TAr * RSe	RSe1	RSe2	RSe3
TAr1	34,191	30,687	29,468
TAr2	33,819	29,563	27,712
TAr3	32,904	30,902	28,570

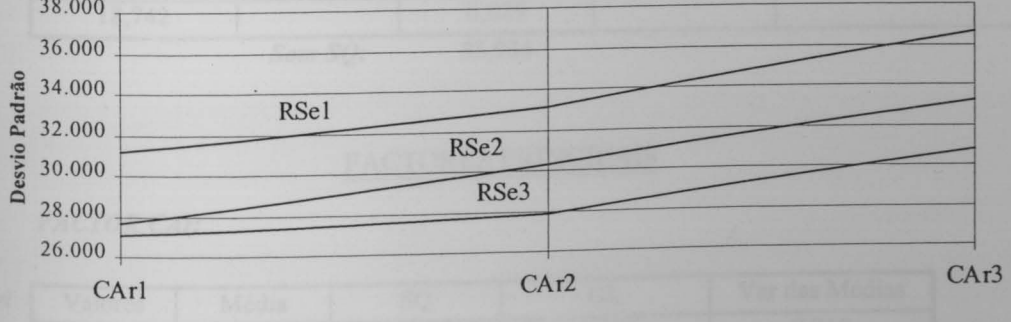
Análise do Desvio Padrão



CAr * RSe

CAr * RSe	RSe1	RSe2	RSe3
CAr1	31,125	27,703	27,050
CAr2	33,116	30,247	27,878
CAr3	36,672	33,204	30,823

Análise do Desvio Padrão



10º passo: Desenho da tabela Anova

Análise dos pesos dos *factores principais* e *interacções* na variância total

% PARTÍCULAS [35, 50] E-06 M

Linha 1

ANÁLISE GLOBAL

Tag	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	18,712	18,584	0,016	26	1,305
2	19,531		0,896		
3	19,281		0,486		
4	17,693		0,795		
5	18,268		0,100		
6	19,559		0,950		
7	16,002		6,669		
8	17,887		0,487		
9	18,411		0,030		
10	18,613		0,001		
11	19,505		0,847		
12	20,755		4,713		
13	17,021		2,445		
14	19,400		0,666		
15	19,523		0,881		
16	16,768		3,298		
17	17,666		0,843		
18	18,703		0,014		
19	18,447		0,019		
20	19,979		1,944		
21	20,362		3,161		
22	18,604		0,000		
23	18,555		0,001		
24	19,395		0,657		
25	16,926		2,749		
26	17,469		1,244		
27	18,742		0,025		
		Som SQ:	**33,936**		

FACTORES PRINCIPAIS

FACTOR CAr:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	19,465	18,584	0,775	2,000	7,710
2	18,669		0,007		
3	17,620		0,931		
		Som SQ:	**15,421**		

FACTOR VAl:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	18,934	18,584	0,122	2,000	1,108
2	18,587		0,000		
3	18,232		0,124		
		Som SQ:	**2,216**		

FACTOR RSe:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	17,643	18,584	0,887	2,000	7,148
2	18,696		0,012		
3	19,415		0,690		
		Som SQ:	**14,296**		

FACTOR TAr:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	18,372	18,584	0,045	2,000	0,313
2	18,662		0,006		
3	18,720		0,018		
		Som SQ:	**0,627**		

INTERACÇÕES

INTERACÇÃO TAr - CAr:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	18,580	18,584	0,000	2,000	0,007
2	18,614		0,001		
3	18,559		0,001		
		Som SQ:	**0,014**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	18,512	18,584	0,005	2,000	0,038
2	18,605		0,000		
3	18,636		0,003		
		Som SQ:	**0,076**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
0,090	4,000	0,022

INTERACÇÃO TAr - RSe:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	18,599	18,584	0,000	2,000	0,042
2	18,510		0,006		
3	18,644		0,004		
		Som SQ:	**0,085**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	18,609	18,584	0,001	2,000	0,252
2	18,738		0,024		
3	18,406		0,032		
		Som SQ:	**0,504**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
0,589	4,000	0,147

INTERACÇÃO CAr - RSe:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	18,586	18,584	0,000	2,000	0,097
2	18,688		0,011		
3	18,480		0,011		
		Som SQ:	**0,194**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	18,650	18,584	0,004	2,000	0,035
2	18,576		0,000		
3	18,526		0,003		
		Som SQ:	**0,070**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
0,264	4,000	0,066

RESIDUAL

RESIDUAL (1):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	18,581	18,584	0,000	2,000	0,039
2	18,652		0,005		
3	18,520		0,004		
		Som SQ:	**0,079**		

RESIDUAL (2):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	18,570	18,584	0,000	2,000	0,096
2	18,694		0,012		
3	18,489		0,009		
		Som SQ:	**0,191**		

RESIDUAL (3):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	18,625	18,584	0,002	2,000	0,082
2	18,475		0,012		
3	18,653		0,005		
		Som SQ:	**0,164**		

TABELA ANOVA

Factores	*SQ*	*GL*	*Var*	*SQp*	*GLp*	*F*	
CAr	15,421	2	7,710			40,209	
VAl	2,216	2	1,108	2,216	2		
RSe	14,296	2	7,148			37,277	
TAr	0,627	2	0,313	0,627	2		
TAr / CAr	0,090	4	0,022	0,090	4		
TAr / RSe	0,589	4	0,147	0,589	4		
CAr / RSe	0,264	4	0,066	0,264	4		
VR	0,434	6	0,072	4,219	22	Vr =	0,192
VT	33,936	26	1,305				

Conclusões: Os factores CAr e RSe são estatisticamente significativos com 95 % de confiança.

$F_{2,22}$ (5%) = 3.44 $\Rightarrow$ **VP** = 99.99% (Valor de Prova)

Para maximizar a % partículas [35, 50] E-06 m utilizar : CAr1 ; RSe3.

CAr1 - Caudal de ar = 18 m^3/min
RSe3 - Rotações do separador = 2000 rpm

DESVIO PADRÃO

Linha 1

ANÁLISE GLOBAL

Tag	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	31,395	30,869	0,277	26	10,102
2	27,944		8,553		
3	29,111		3,089		
4	32,876		4,030		
5	31,474		0,366		
6	27,701		10,034		
7	38,302		55,255		
8	32,644		3,152		
9	31,593		0,525		
10	30,404		0,216		
11	27,545		11,047		
12	25,080		33,508		
13	34,602		13,938		
14	27,803		9,398		
15	27,854		9,088		
16	36,452		31,174		
17	33,342		6,118		
18	30,203		0,443		
19	31,577		0,502		
20	27,619		10,560		
21	26,958		15,293		
22	31,871		1,005		
23	31,463		0,353		
24	28,080		7,776		
25	35,263		19,310		
26	33,625		7,598		
27	30,672		0,039		
		Som SQ:	**262,647**		

FACTORES PRINCIPAIS

FACTOR CAr:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	28,626	30,869	5,030	2,000	56,312
2	30,414		0,207		
3	33,566		7,277		
		Som SQ:	**112,624**		

FACTOR VAl:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	30,137	30,869	0,535	2,000	4,902
2	30,855		0,000		
3	31,613		0,554		
		Som SQ:	**9,803**		

FACTOR RSe:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	33,638	30,869	7,669	2,000	59,065
2	30,384		0,235		
3	28,584		5,222		
		Som SQ:	**118,130**		

FACTOR TAr:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	31,449	30,869	0,337	2,000	2,683
2	30,365		0,254		
3	30,792		0,006		
		Som SQ:	**5,366**		

INTERACÇÕES

INTERACÇÃO TAr - CAr:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	31,096	30,869	0,052	2,000	0,864
2	30,516		0,125		
3	30,995		0,016		
		Som SQ:	**1,729**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	30,919	30,869	0,003	2,000	0,058
2	30,911		0,002		
3	30,776		0,009		
		Som SQ:	**0,117**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
1,845	4,000	0,461

INTERACÇÃO TAr - RSe:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	30,935	30,869	0,004	2,000	0,356
2	31,026		0,025		
3	30,645		0,050		
		Som SQ:	**0,711**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	30,775	30,869	0,009	2,000	2,143
2	30,434		0,189		
3	31,397		0,279		
		Som SQ:	**4,285**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
4,997	4,000	1,249

INTERACÇÃO CAr - RSe:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	30,736	30,869	0,018	2,000	1,473
2	30,547		0,103		
3	31,323		0,206		
		Som SQ:	**2,946**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	30,732	30,869	0,019	2,000	0,438
2	30,751		0,014		
3	31,123		0,065		
		Som SQ:	**0,877**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
3,822	4,000	0,956

RESIDUAL

RESIDUAL (1):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	30,864	30,869	0,000	2,000	0,877
2	30,559		0,096		
3	31,183		0,099		
		Som SQ:	**1,754**		

RESIDUAL (2):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	30,939	30,869	0,005	2,000	0,838
2	30,535		0,112		
3	31,133		0,070		
		Som SQ:	**1,676**		

RESIDUAL (3):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	30,974	30,869	0,011	2,000	1,315
2	31,187		0,101		
3	30,445		0,180		
		Som SQ:	**2,629**		

TABELA ANOVA

Factores	*SQ*	*GL*	*Var*	*SQp*	*GLp*	*F*	
CAr	112,624	2	56,312			38,844	
VAl	9,803	2	4,902	9,803	2		
RSe	118,130	2	59,065			40,743	
TAr	5,366	2	2,683	5,366	2		
TAr / CAr	1,845	4	0,461	1,845	4		
TAr / RSe	4,997	4	1,249	4,997	4		
CAr / RSe	3,822	4	0,956	3,822	4		
VR	6,060	6	1,010	31,893	22	Vr =	1,450
VT	262,647	26	10,102				

Conclusões: Os factores CAr e RSe são estatisticamente significativos com 95 % de confiança.

$F_{2,22}$ (5%) = 3.44 $\Rightarrow$ **VP** = 99.99% (Valor de Prova)

Para minimizar o desvio padrão utilizar : CAr1 ; RSe3.

CAr1 - Caudal de ar = 18 m^3/min
RSe3 - Rotações do separador = 2000 rpm

2 - Linha 2

8º passo: Cálculo das respostas das experiências

Matriz das respostas - Linha 2

Ensaio	% partículas [35, 50] E-06 m	Desvio padrão
1	20,532	29,964
2	22,280	24,224
3	20,797	27,001
4	19,300	31,602
5	20,678	27,490
6	21,969	26,324
7	17,275	36,524
8	19,191	31,859
9	19,867	30,704
10	20,797	27,838
11	22,349	24,325
12	22,865	21,496
13	18,861	32,012
14	21,123	27,364
15	21,186	26,964
16	18,101	34,211
17	18,803	31,800
18	20,436	27,487
19	20,517	27,835
20	22,966	24,128
21	22,147	23,482
22	19,388	31,344
23	21,362	27,260
24	20,778	27,121
25	17,475	36,874
26	19,047	31,560
27	19,866	30,668
Média Global	**20.37%**	**28.869**

9º passo: Desenho dos gráficos dos valores médios de cada factor para cada nível
Desenho dos gráficos das interacções

% PARTÍCULAS [35, 50] E-06 M

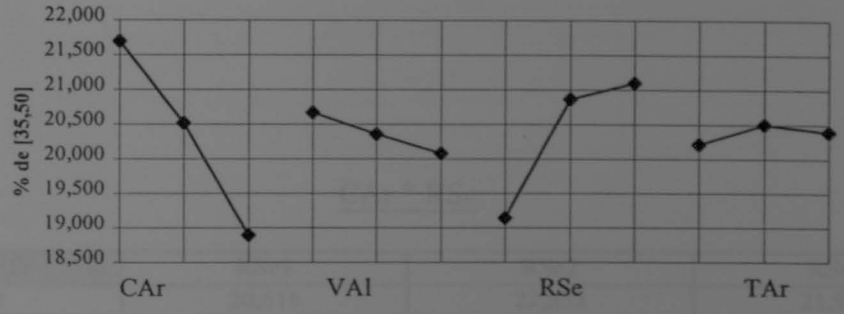
Linha 2

Factores principais

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (ºC)
1	21,695	20,667	19,139	20,210
2	20,516	20,358	20,867	20,502
3	18,896	20,082	21,101	20,394

Média Global = 20.37 %

Análise da % [35,50]

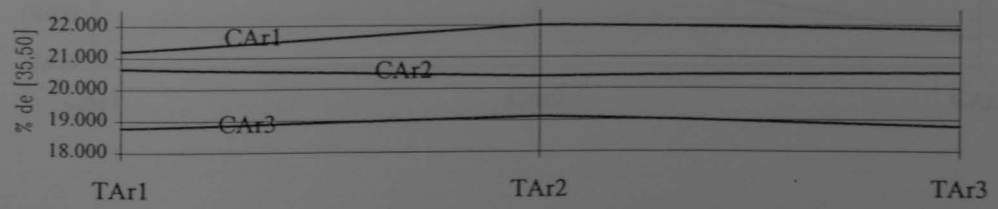


Interacções

TAr * CAr

TAr * CAr	CAr1	CAr2	CAr3
TAr1	21,203	20,649	18,778
TAr2	22,004	20,390	19,113
TAr3	21,877	20,510	18,796

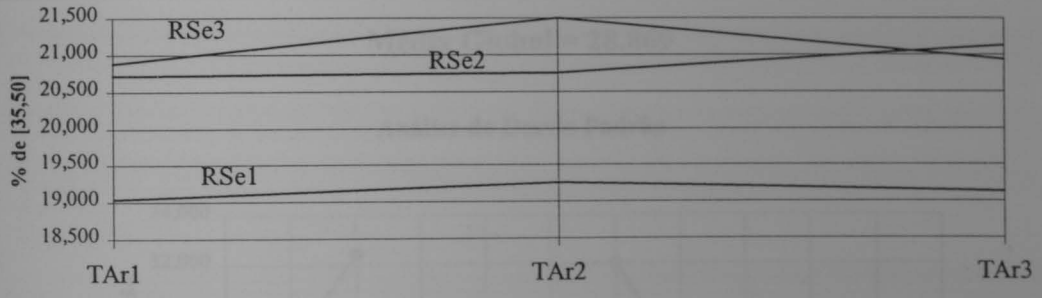
Análise da % [35,50]



TAr * RSe

TAr * RSe	RSe1	RSe2	RSe3
TAr1	19,036	20,717	20,878
TAr2	19,253	20,758	21,496
TAr3	19,127	21,125	20,930

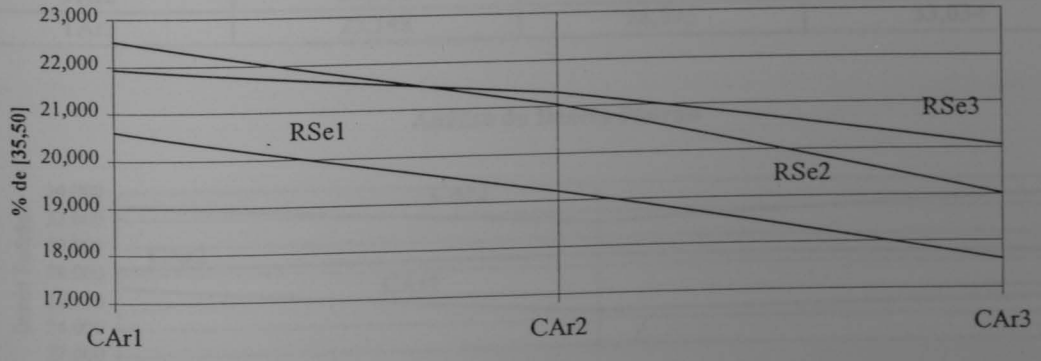
Análise da % [35,50]



CAr * RSe

CAr * RSe	RSe1	RSe2	RSe3
CAr1	20,616	22,532	21,936
CAr2	19,183	21,054	21,311
CAr3	17,617	19,014	20,056

Análise da % [35,50]



DESVIO PADRÃO

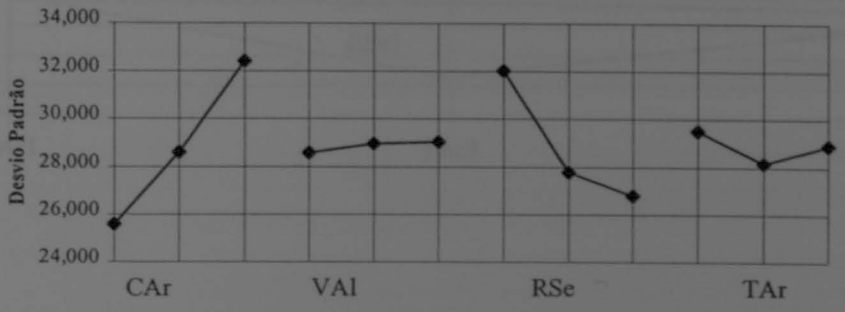
Linha 2

Factores principais

Nível	Caudal de ar (m^3/min)	Velocidade alimentação	Rot. Separador (rpm)	Temp. do ar (°C)
1	25,588	28,595	32,023	29,521
2	28,609	28,972	27,779	28,166
3	32,410	29,039	26,805	28,919

Média Global = 28.869

Análise do Desvio Padrão

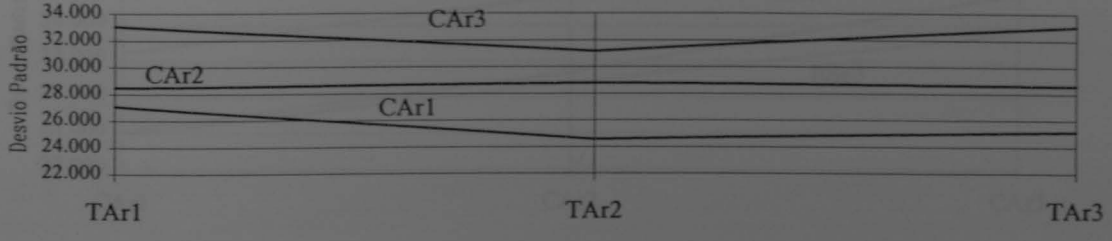


Interacções

TAr * CAr

TAr * CAr	CAr1	CAr2	CAr3
TAr1	27,063	28,472	33,029
TAr2	24,553	28,780	31,166
TAr3	25,148	28,575	33,034

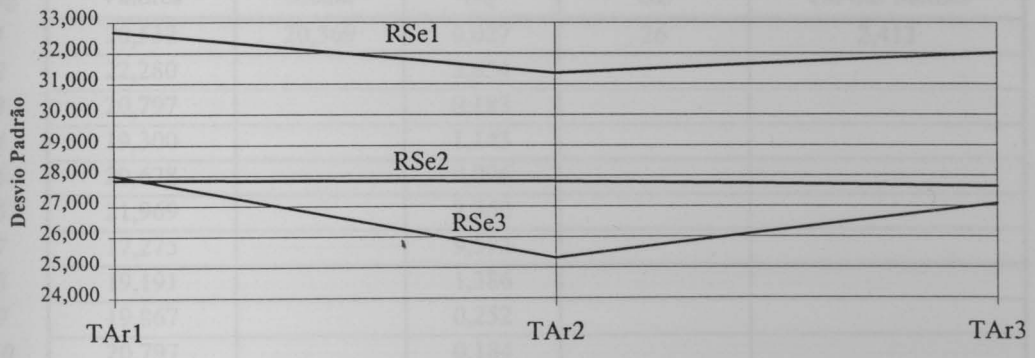
Análise do Desvio Padrão



TAr * RSe

TAr * RSe	RSe1	RSe2	RSe3
TAr1	32,697	27,858	28,010
TAr2	31,354	27,830	25,316
TAr3	32,018	27,649	27,090

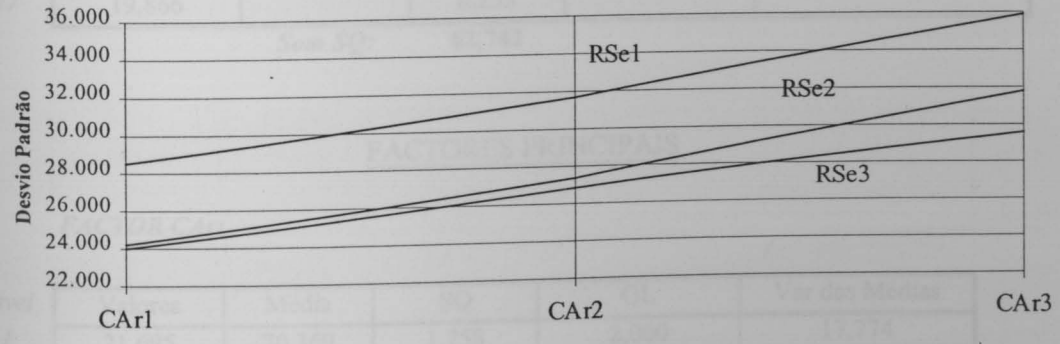
Análise do Desvio Padrão



CAr * RSe

CAr * RSe	RSe1	RSe2	RSe3
CAr1	28,546	24,226	23,993
CAr2	31,653	27,371	26,803
CAr3	35,870	31,740	29,620

Análise do Desvio Padrão



10º passo: Desenho da tabela Anova

Análise dos pesos dos *factores principais* e *interacções* na variância total

% PARTÍCULAS [35, 50] E-06 M

Linha 2

ANÁLISE GLOBAL

Tag	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	20,532	20,369	0,027	26	2,413
2	22,280		3,654		
3	20,797		0,183		
4	19,300		1,143		
5	20,678		0,096		
6	21,969		2,560		
7	17,275		9,572		
8	19,191		1,386		
9	19,867		0,252		
10	20,797		0,184		
11	22,349		3,923		
12	22,865		6,232		
13	18,861		2,273		
14	21,123		0,568		
15	21,186		0,668		
16	18,101		5,143		
17	18,803		2,453		
18	20,436		0,005		
19	20,517		0,022		
20	22,966		6,746		
21	22,147		3,162		
22	19,388		0,962		
23	21,362		0,987		
24	20,778		0,168		
25	17,475		8,376		
26	19,047		1,747		
27	19,866		0,253		
		Som SQ:	**62,742**		

FACTORES PRINCIPAIS

FACTOR CAr:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	21,695	20,369	1,758	2,000	17,774
2	20,516		0,022		
3	18,896		2,170		
		Som SQ:	**35,547**		

FACTOR VAl:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	20,667	20,369	0,089	2,000	0,770
2	20,358		0,000		
3	20,082		0,082		
		Som SQ:	**1,540**		

FACTOR RSe:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	19,139	20,369	1,514	2,000	10,341
2	20,867		0,248		
3	21,101		0,537		
		Som SQ:	**20,683**		

FACTOR TAr:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	20,210	20,369	0,025	2,000	0,197
2	20,502		0,018		
3	20,394		0,001		
		Som SQ:	**0,394**		

INTERACÇÕES

INTERACÇÃO TAr - CAr:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	20,275	20,369	0,009	2,000	0,100
2	20,483		0,013		
3	20,348		0,000		
		Som SQ:	**0,200**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	20,130	20,369	0,057	2,000	0,416
2	20,546		0,031		
3	20,430		0,004		
		Som SQ:	**0,832**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
1,032	4,000	0,258

INTERACÇÃO TAr - RSe:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	20,552	20,369	0,034	2,000	0,232
2	20,300		0,005		
3	20,254		0,013		
		Som SQ:	**0,464**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	20,242	20,369	0,016	2,000	0,111
2	20,446		0,006		
3	20,419		0,002		
		Som SQ:	**0,222**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
0,686	4,000	0,172

INTERACÇÃO CAr - RSe:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	20,314	20,369	0,003	2,000	0,359
2	20,590		0,049		
3	20,203		0,028		
		Som SQ:	**0,718**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	20,575	20,369	0,043	2,000	0,728
2	20,487		0,014		
3	20,044		0,105		
		Som SQ:	**1,456**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
2,175	4,000	0,544

RESIDUAL

RESIDUAL (1):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	20,480	20,369	0,012	2,000	0,209
2	20,431		0,004		
3	20,195		0,030		
		Som SQ:	**0,418**		

RESIDUAL (2):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	20,314	20,369	0,003	2,000	0,110
2	20,496		0,016		
3	20,297		0,005		
		Som SQ:	**0,219**		

RESIDUAL (3):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	20,366	20,369	0,000	2,000	0,024
2	20,422		0,003		
3	20,318		0,003		
		Som SQ:	**0,049**		

TABELA ANOVA

Factores	*SQ*	*GL*	*Var*	*SQp*	*GLp*	*F*	
CAr	35,547	2	17,774			60,043	
VAl	1,540	2	0,770	1,540	2		
RSe	20,683	2	10,341			34,936	
TAr	0,394	2	0,197	0,394	2		
TAr / CAr	1,032	4	0,258	1,032	4		
TAr / RSe	0,686	4	0,172	0,686	4		
CAr / RSe	2,175	4	0,544	2,175	4		
VR	0,686	6	0,114	6,512	22	Vr =	0,296
VT	62,742	26	2,413				

Conclusões: Os factores CAr e RSe são estatisticamente significativos com 95 % de confiança.

$F_{2,22}$ (5%) = 3.44 $\Rightarrow$ **VP** = 99.99% (Valor de Prova)

Para maximizar a % partículas [35, 50] E-06 m utilizar : CAr1 ; RSe3.

CAr1 - Caudal de ar = 60 m^3/min
RSe3 - Rotações do separador = 2000 rpm

DESVIO PADRÃO

Linha 2

ANÁLISE GLOBAL

Tag	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	29,964	28,869	1,199	26	14,723
2	24,224		21,575		
3	27,001		3,489		
4	31,602		7,470		
5	27,490		1,901		
6	26,324		6,477		
7	36,524		58,600		
8	31,859		8,941		
9	30,704		3,367		
10	27,838		1,063		
11	24,325		20,647		
12	21,496		54,360		
13	32,012		9,879		
14	27,364		2,265		
15	26,964		3,629		
16	34,211		28,538		
17	31,800		8,591		
18	27,487		1,910		
19	27,835		1,069		
20	24,128		22,476		
21	23,482		29,019		
22	31,344		6,126		
23	27,260		2,589		
24	27,121		3,055		
25	36,874		64,081		
26	31,560		7,242		
27	30,668		3,237		
		Som SQ:	**382,795**		

FACTORES PRINCIPAIS

FACTOR CAr:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	25,588	28,869	10,764	2,000	105,157
2	28,609		0,068		
3	32,410		12,537		
		Som SQ:	**210,313**		

FACTOR VAl:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	28,595	28,869	0,075	2,000	0,515
2	28,972		0,011		
3	29,039		0,029		
		Som SQ:	**1,031**		

FACTOR RSe:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	32,023	28,869	9,946	2,000	69,269
2	27,779		1,188		
3	26,805		4,259		
		Som SQ:	**138,538**		

FACTOR TAr:

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	29,521	28,869	0,426	2,000	4,148
2	28,166		0,494		
3	28,919		0,003		
		Som SQ:	**8,296**		

INTERACÇÕES

INTERACÇÃO TAr - CAr:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	28,935	28,869	0,004	2,000	0,231
2	28,686		0,033		
3	28,986		0,014		
		Som SQ:	**0,462**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	29,626	28,869	0,573	2,000	4,335
2	28,262		0,368		
3	28,719		0,022		
		Som SQ:	**8,670**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
9,132	4,000	2,283

INTERACÇÃO TAr - RSe:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	28,554	28,869	0,099	2,000	1,275
2	28,767		0,010		
3	29,286		0,174		
		Som SQ:	**2,549**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	29,206	28,869	0,113	2,000	1,595
2	28,397		0,223		
3	29,004		0,018		
		Som SQ:	**3,189**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
5,738	4,000	1,435

INTERACÇÃO CAr - RSe:

Coluna 1

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	29,029	28,869	0,026	2,000	0,927
2	28,499		0,137		
3	29,078		0,044		
		Som SQ:	**1,855**		

Coluna 2

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	28,512	28,869	0,127	2,000	0,918
2	28,966		0,009		
3	29,128		0,067		
		Som SQ:	**1,836**		

Total

SQ	GL	Var das Médias
3,691	4,000	0,923

RESIDUAL

RESIDUAL (1):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	28,843	28,869	0,001	2,000	1,626
2	28,457		0,169		
3	29,306		0,191		
		Som SQ:	**3,252**		

RESIDUAL (2):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	29,065	28,869	0,039	2,000	1,125
2	28,461		0,167		
3	29,081		0,045		
		Som SQ:	**2,250**		

RESIDUAL (3):

Nível	Valores	Média	SQ	GL	Var das Médias
1	28,894	28,869	0,001	2,000	0,276
2	28,683		0,035		
3	29,030		0,026		
		Som SQ:	**0,553**		

TABELA ANOVA

Factores	*SQ*	*GL*	*Var*	*SQp*	*GLp*	*F*	
CAr	210,313	2	105,157			68,156	
VAl	1,031	2	0,515	1,031	2		
RSe	138,538	2	69,269			44,896	
TAr	8,296	2	4,148	8,296	2		
TAr / CAr	9,132	4	2,283	9,132	4		
TAr / RSe	5,738	4	1,435	5,738	4		
CAr / RSe	3,691	4	0,923	3,691	4		
VR	6,055	6	1,009	33,943	22	Vr =	1,543
VT	382,795	26	14,723				

Conclusões: Os factores CAr e RSe são estatisticamente significativos com 95 % de confiança.

$F_{2,22}$ (5%) = 3.44 $\Rightarrow$ **VP** = 99.99% (Valor de Prova)

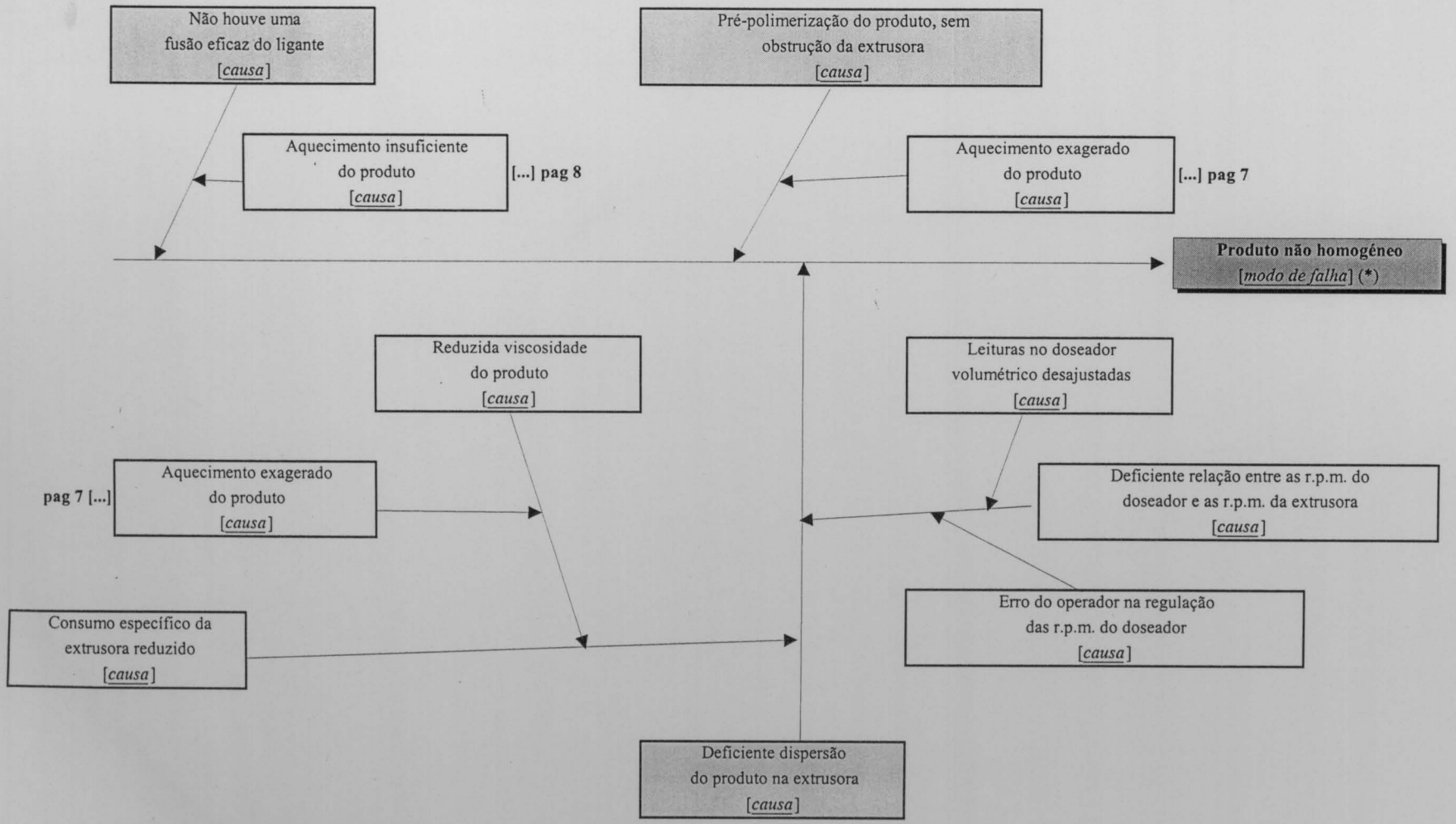
Para minimizar o desvio padrão utilizar : CAr1 ; RSe3.

CAr1 - Caudal de ar = 60 m^3/min
RSe3 - Rotações do separador = 2000 rpm

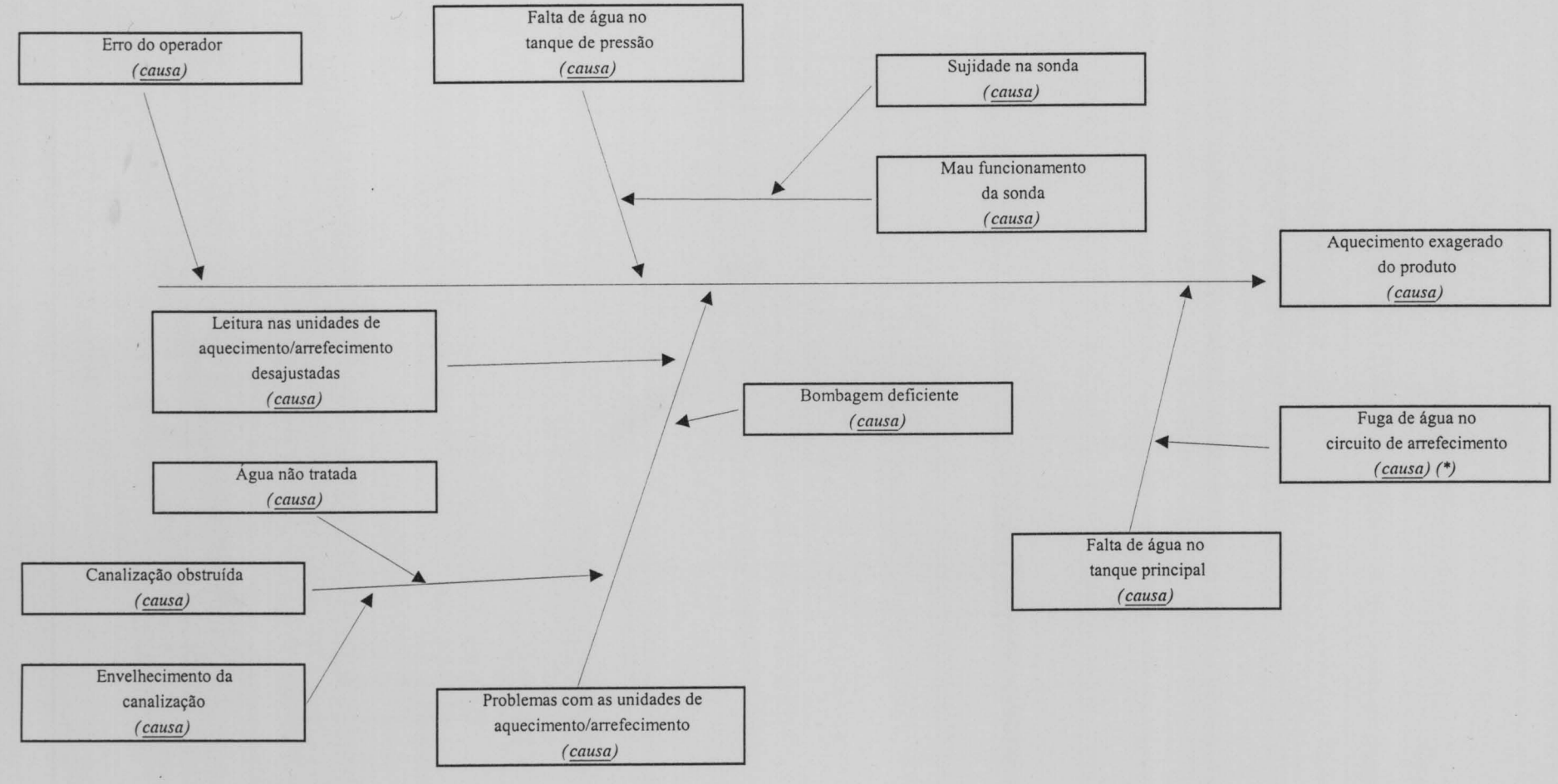
ANEXO 9

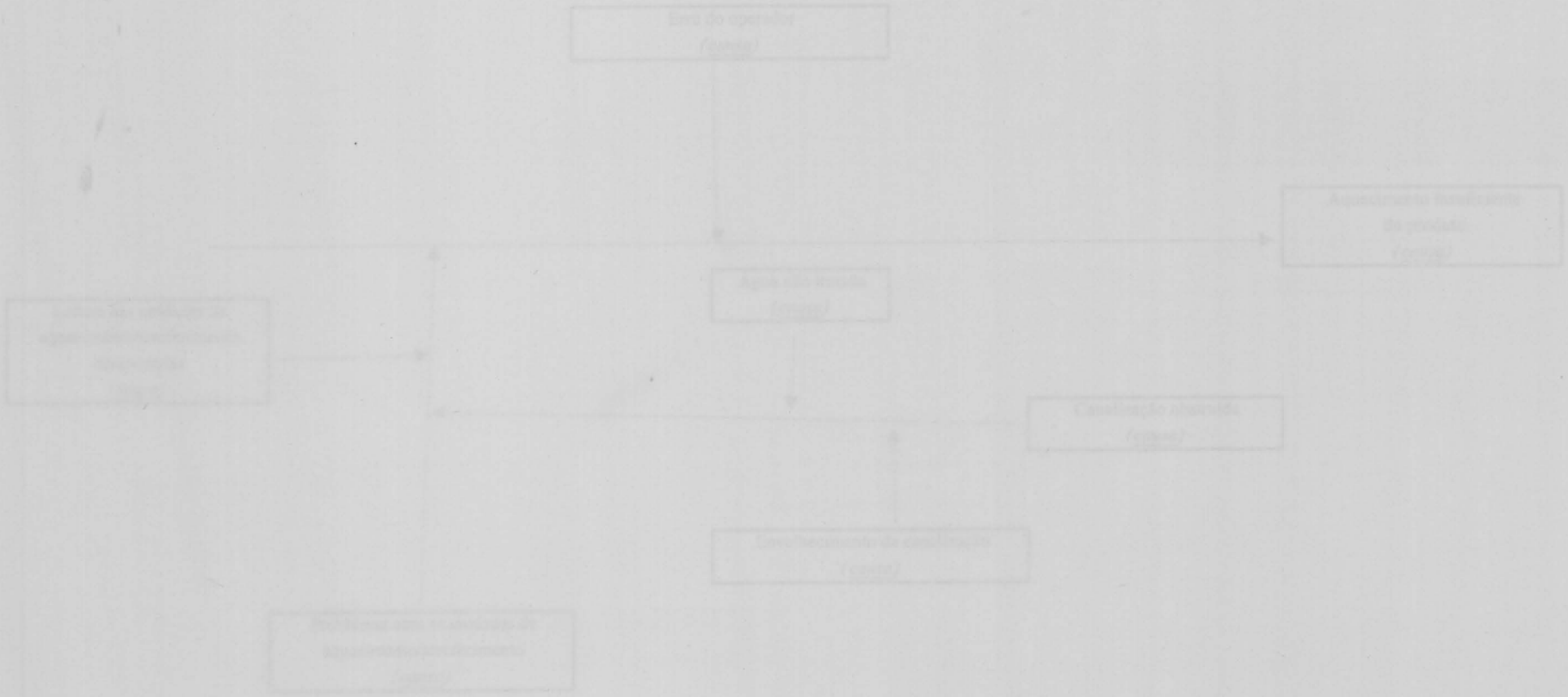
Diagramas de causa - efeito

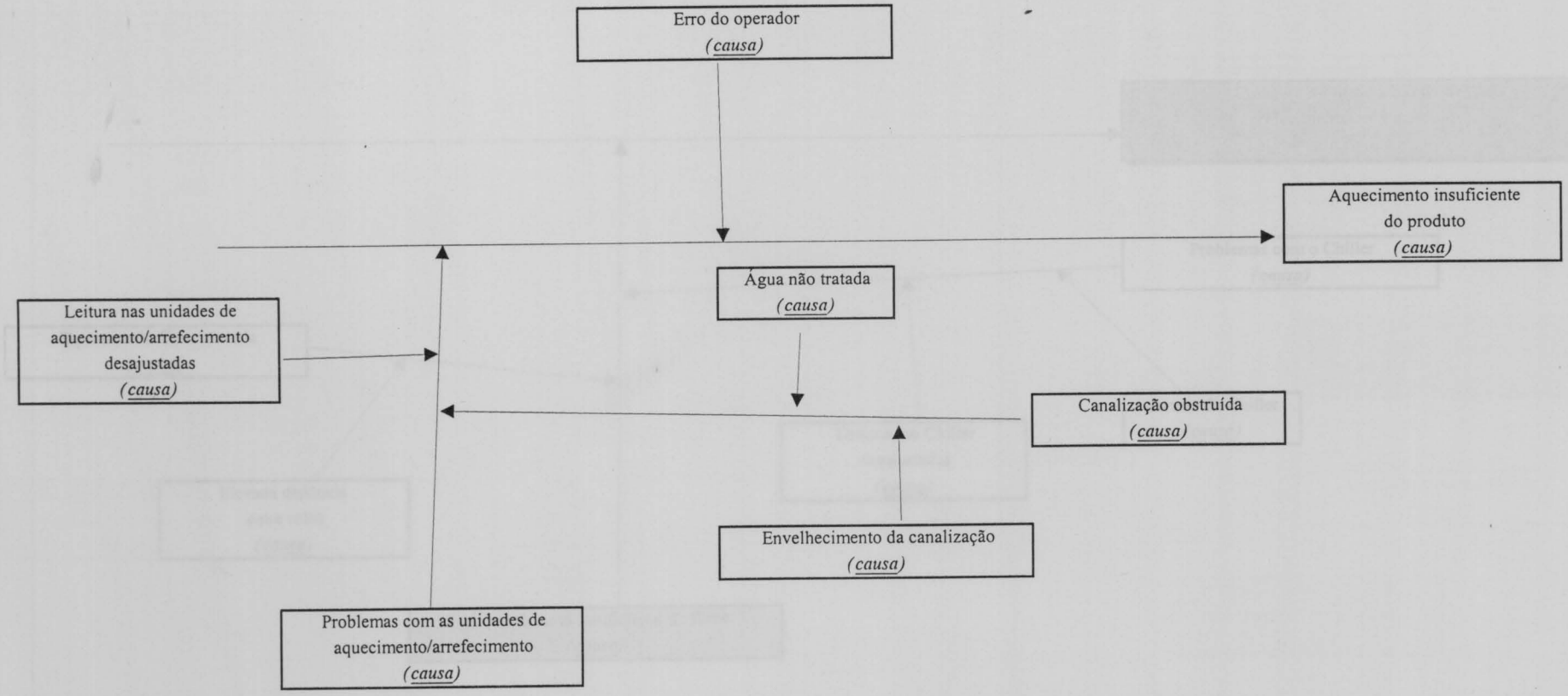
1 - EXTRUSÃO

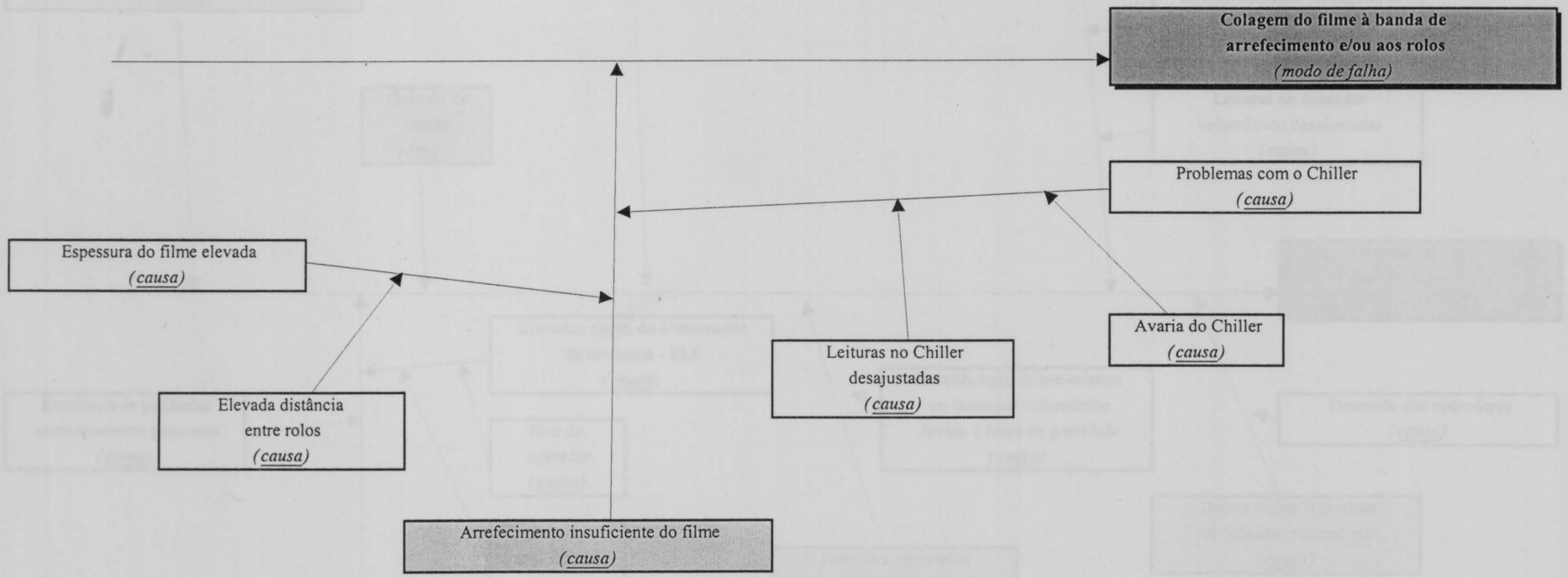

Não houve uma fusão eficaz do ligante [causa]
Pré-polimerização do produto, sem obstrução da extrusora [causa]
Aquecimento insuficiente do produto [causa]
[...] pag 8
Aquecimento exagerado do produto [causa]
[...] pag 7
Produto não homogéneo [modo de falha] (*)
Reduzida viscosidade do produto [causa]
Leituras no doseador volumétrico desajustadas [causa]
pag 7 [...]
Aquecimento exagerado do produto [causa]
Deficiente relação entre as r.p.m. do doseador e as r.p.m. da extrusora [causa]
Consumo específico da extrusora reduzido [causa]
Erro do operador na regulação das r.p.m. do doseador [causa]
Deficiente dispersão do produto na extrusora [causa]

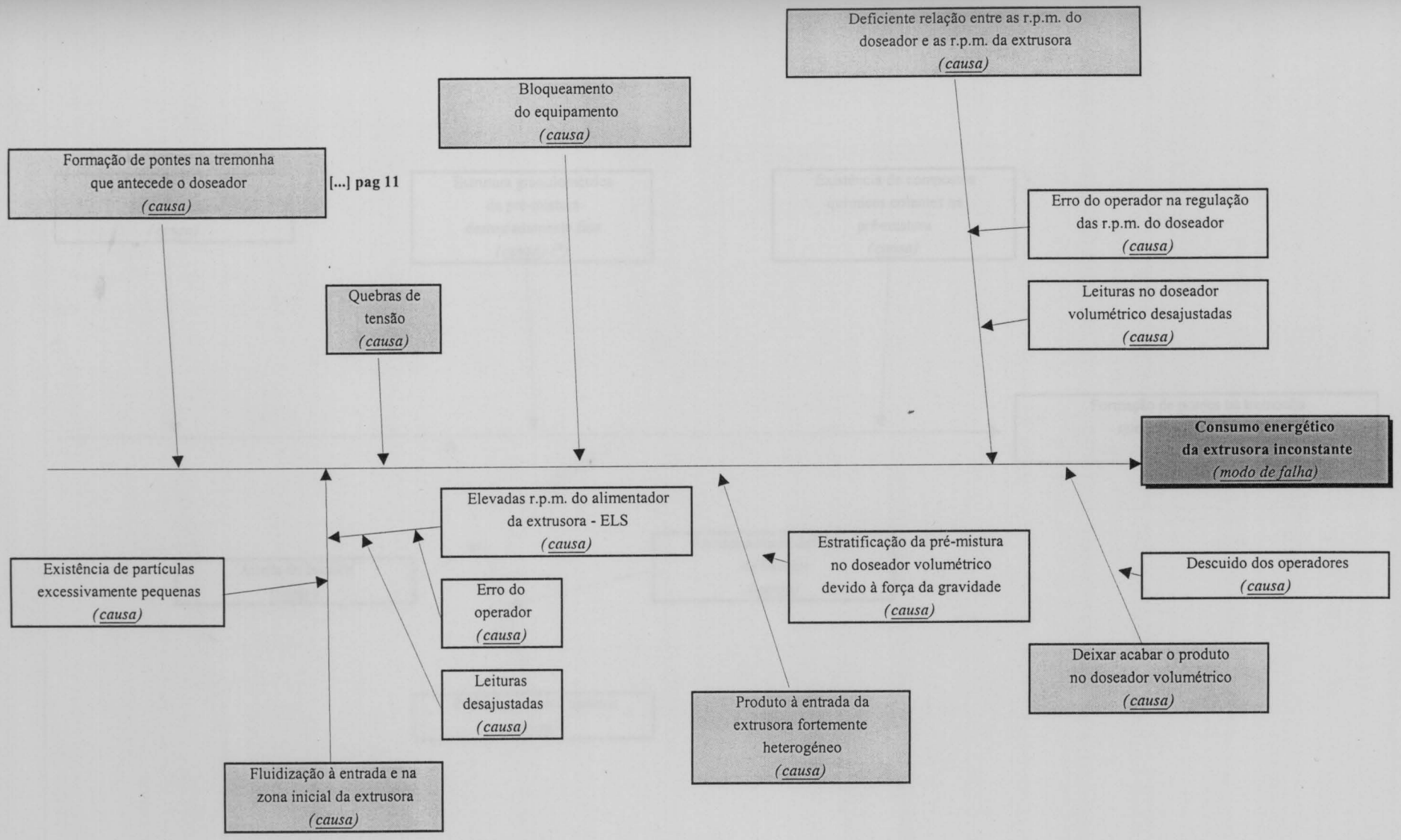


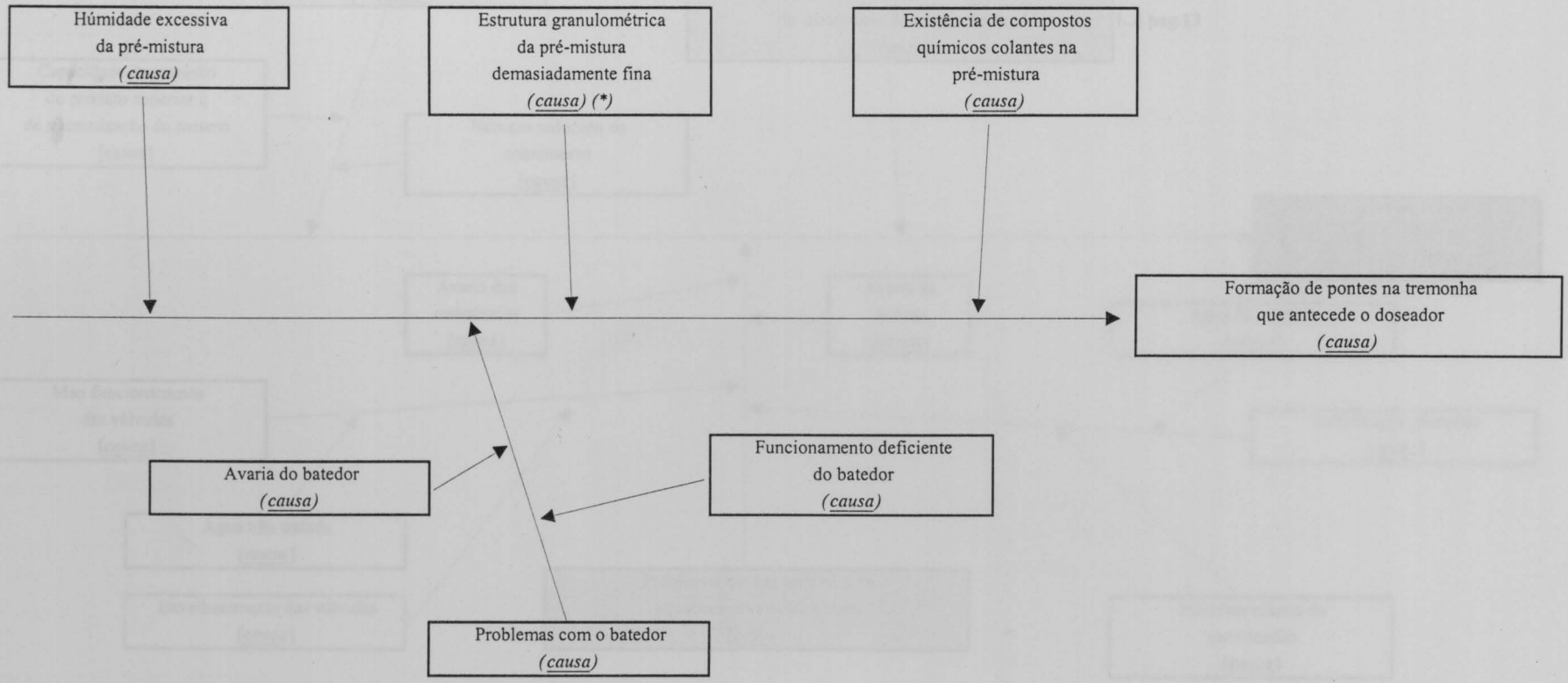

Erro do operador
(causa)
Falta de água no tanque de pressão
(causa)
Sujidade na sonda
(causa)
Mau funcionamento da sonda
(causa)
Aquecimento exagerado do produto
(causa)
Leitura nas unidades de aquecimento/arrefecimento desajustadas
(causa)
Bombagem deficiente
(causa)
Fuga de água no circuito de arrefecimento
(causa) (*)
Água não tratada
(causa)
Falta de água no tanque principal
(causa)
Canalização obstruída
(causa)
Envelhecimento da canalização
(causa)
Problemas com as unidades de aquecimento/arrefecimento
(causa)



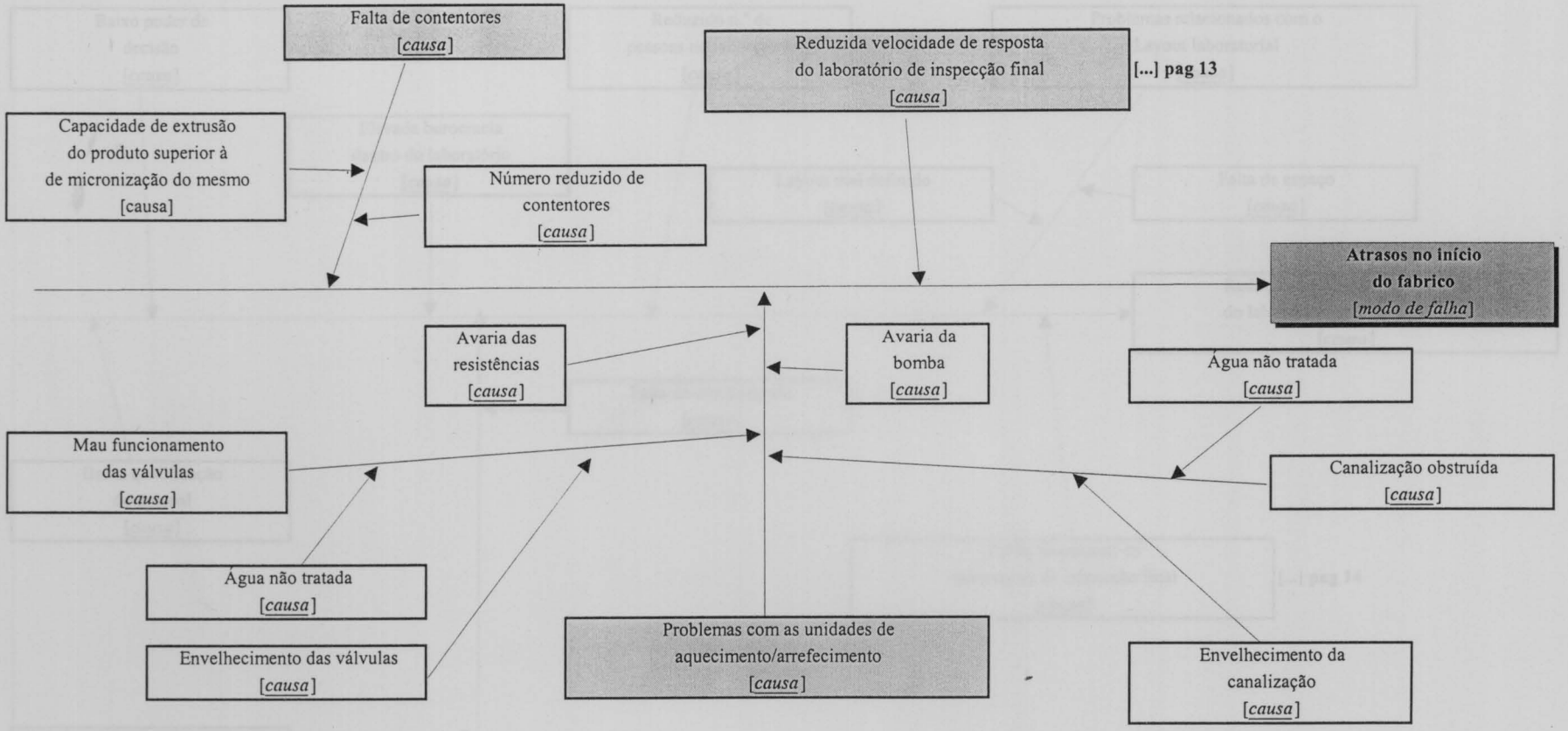

Erro do operador
(causa)
Aquecimento insuficiente do produto
(causa)
Água não tratada
(causa)
Leitura nas unidades de aquecimento/arrefecimento desajustadas
(causa)
Canalização obstruída
(causa)
Envelhecimento da canalização
(causa)
Problemas com as unidades de aquecimento/arrefecimento
(causa)

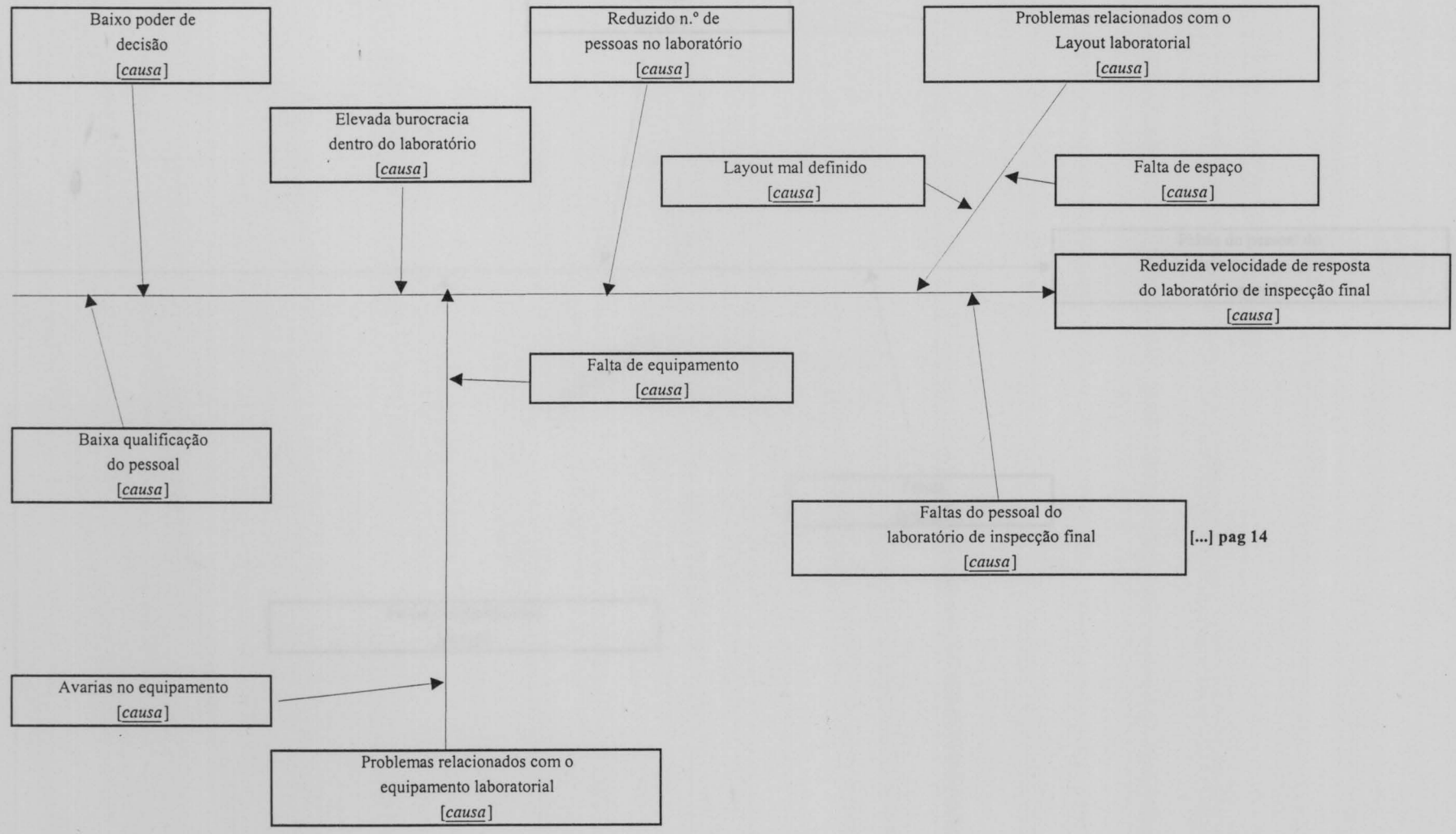

Colagem do filme à banda de arrefecimento e/ou aos rolos
(modo de falha)
Problemas com o Chiller
(causa)
Espessura do filme elevada
(causa)
Avaria do Chiller
(causa)
Leituras no Chiller desajustadas
(causa)
Elevada distância entre rolos
(causa)
Arrefecimento insuficiente do filme
(causa)

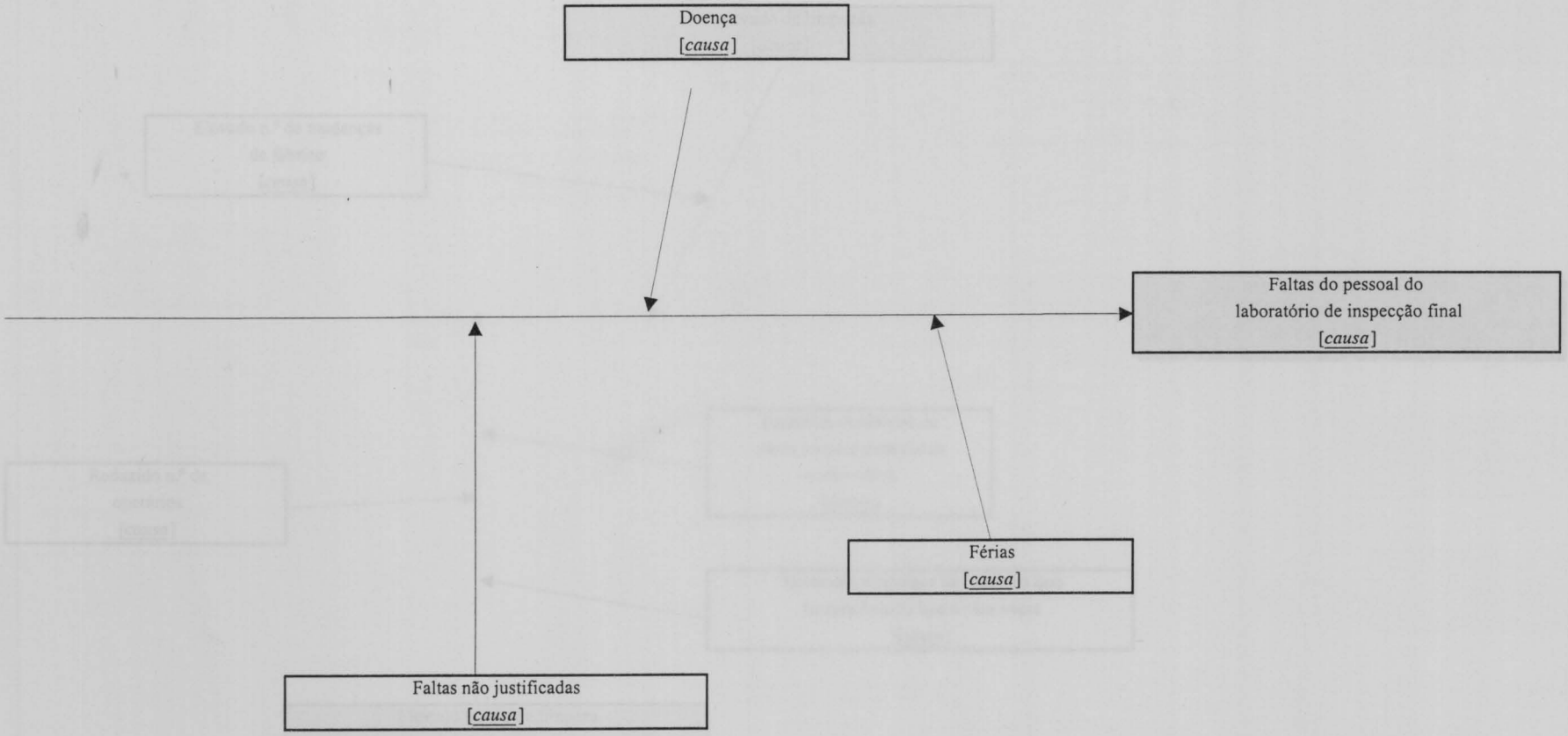

Deficiente relação entre as r.p.m. do doseador e as r.p.m. da extrusora (causa)
Bloqueamento do equipamento (causa)
Formação de pontes na tremonha que antecede o doseador (causa)
[...] pag 11
Erro do operador na regulação das r.p.m. do doseador (causa)
Quebras de tensão (causa)
Leituras no doseador volumétrico desajustadas (causa)
Consumo energético da extrusora inconstante (modo de falha)
Elevadas r.p.m. do alimentador da extrusora - ELS (causa)
Existência de partículas excessivamente pequenas (causa)
Erro do operador (causa)
Estratificação da pré-mistura no doseador volumétrico devido à força da gravidade (causa)
Descuido dos operadores (causa)
Leituras desajustadas (causa)
Deixar acabar o produto no doseador volumétrico (causa)
Produto à entrada da extrusora fortemente heterogéneo (causa)
Fluidização à entrada e na zona inicial da extrusora (causa)

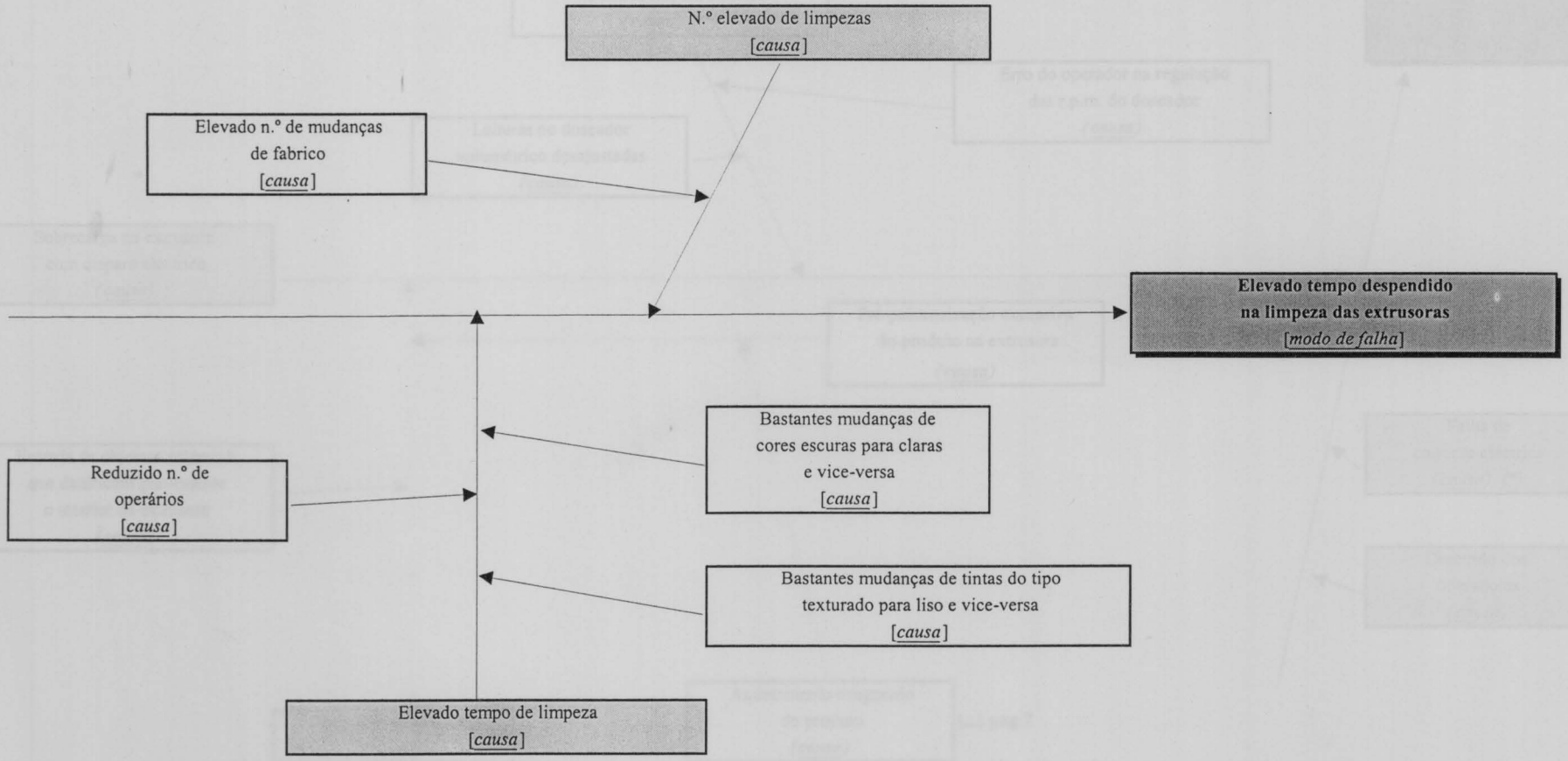


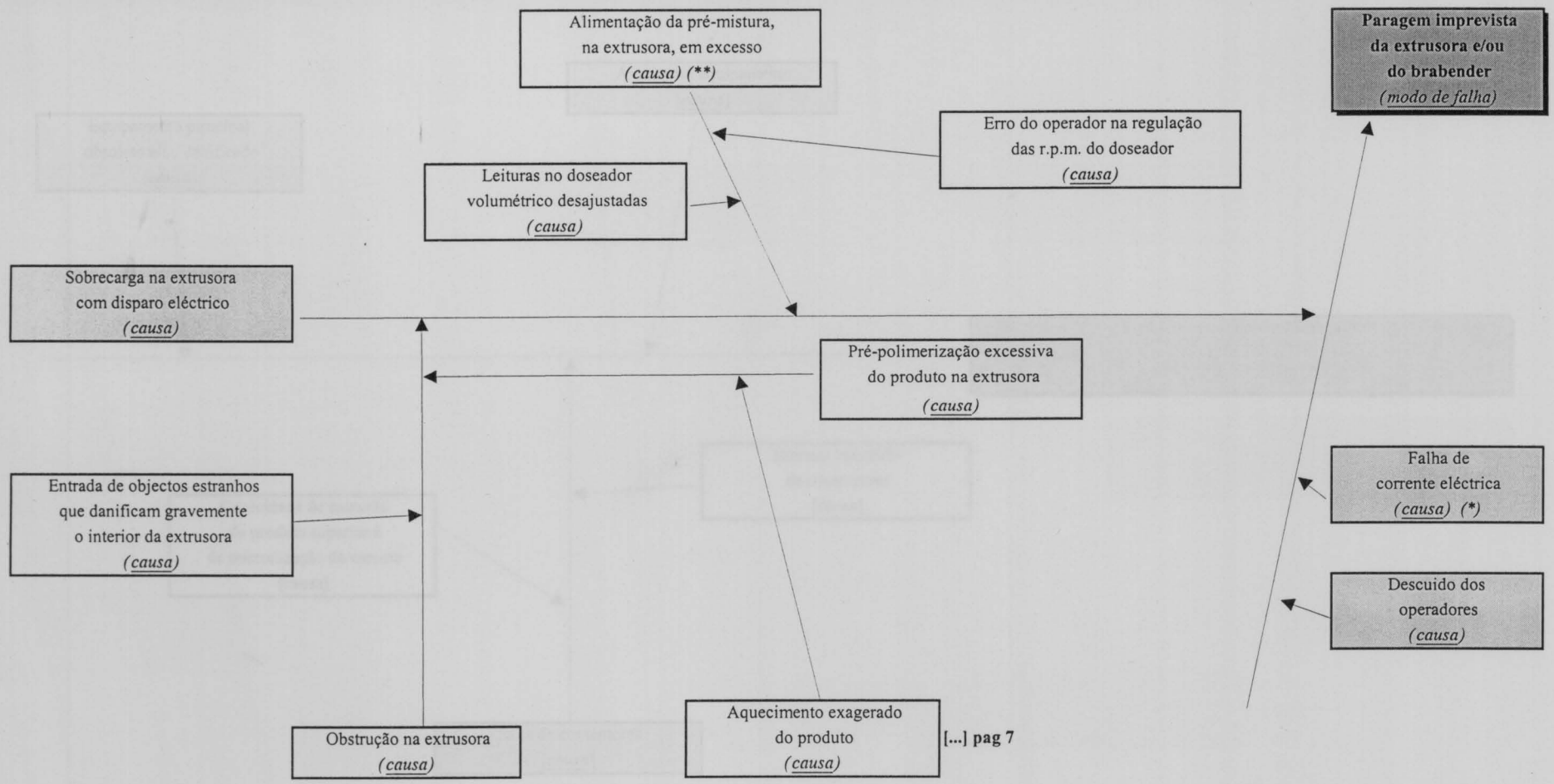
(*) Quanto mais fina for a estrutura granulométrica, maior é a tendência para colmatar e para formar canais.


Falta de contentores
[causa]
Reduzida velocidade de resposta do laboratório de inspecção final
[causa]
[...] pag 13
Capacidade de extrusão do produto superior à de micronização do mesmo
[causa]
Número reduzido de contentores
[causa]
Atrasos no início do fabrico
[modo de falha]
Avaria das resistências
[causa]
Avaria da bomba
[causa]
Água não tratada
[causa]
Mau funcionamento das válvulas
[causa]
Canalização obstruída
[causa]
Água não tratada
[causa]
Envelhecimento das válvulas
[causa]
Problemas com as unidades de aquecimento/arrefecimento
[causa]
Envelhecimento da canalização
[causa]


Baixo poder de decisão [causa]
Reduzido n.º de pessoas no laboratório [causa]
Problemas relacionados com o Layout laboratorial [causa]
Elevada burocracia dentro do laboratório [causa]
Layout mal definido [causa]
Falta de espaço [causa]
Reduzida velocidade de resposta do laboratório de inspecção final [causa]
Falta de equipamento [causa]
Baixa qualificação do pessoal [causa]
Faltas do pessoal do laboratório de inspecção final [causa]
[...] pag 14
Avarias no equipamento [causa]
Problemas relacionados com o equipamento laboratorial [causa]

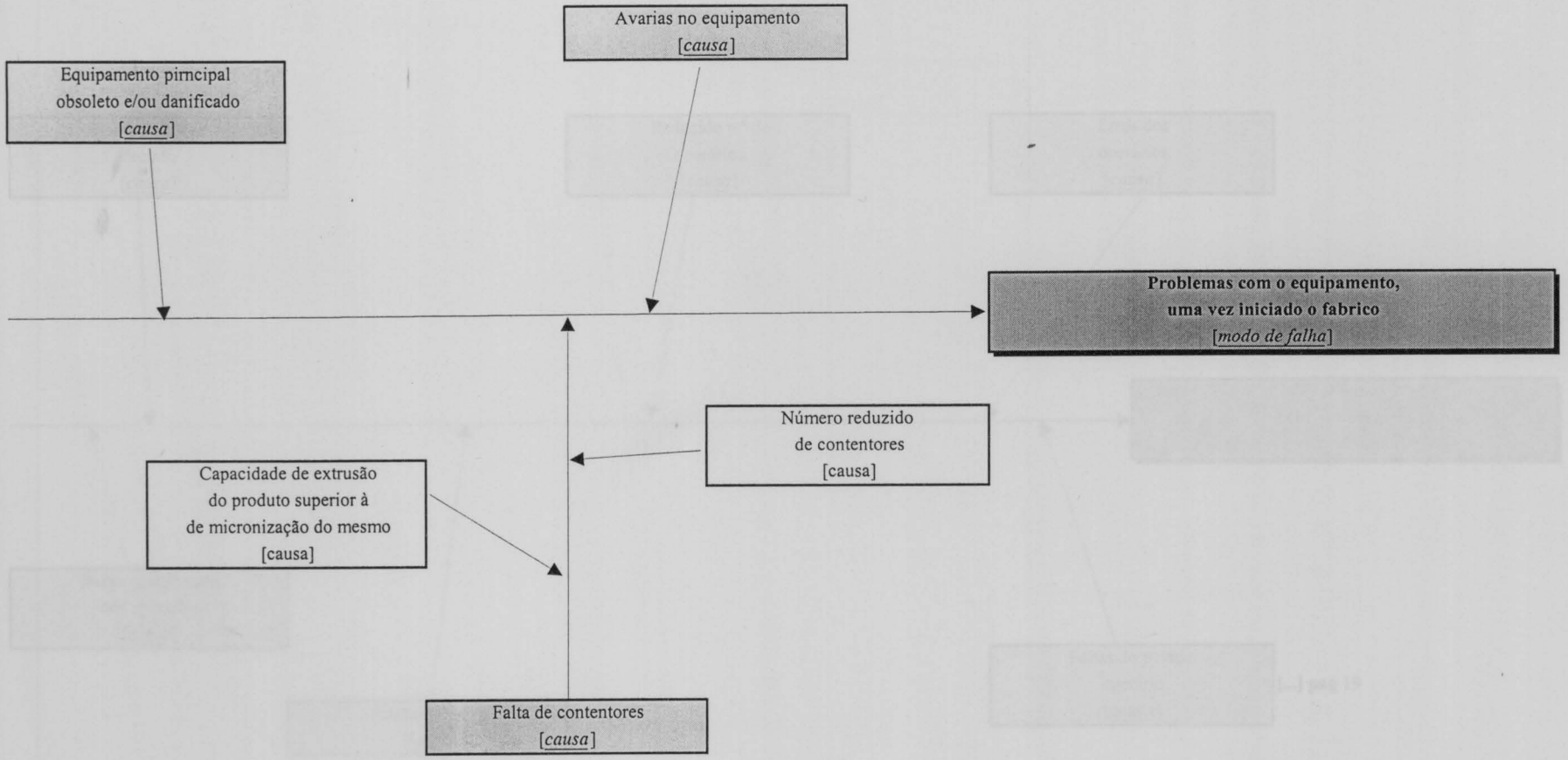

Doença
[causa]
Faltas do pessoal do
laboratório de inspecção final
[causa]
Férias
[causa]
Faltas não justificadas
[causa]

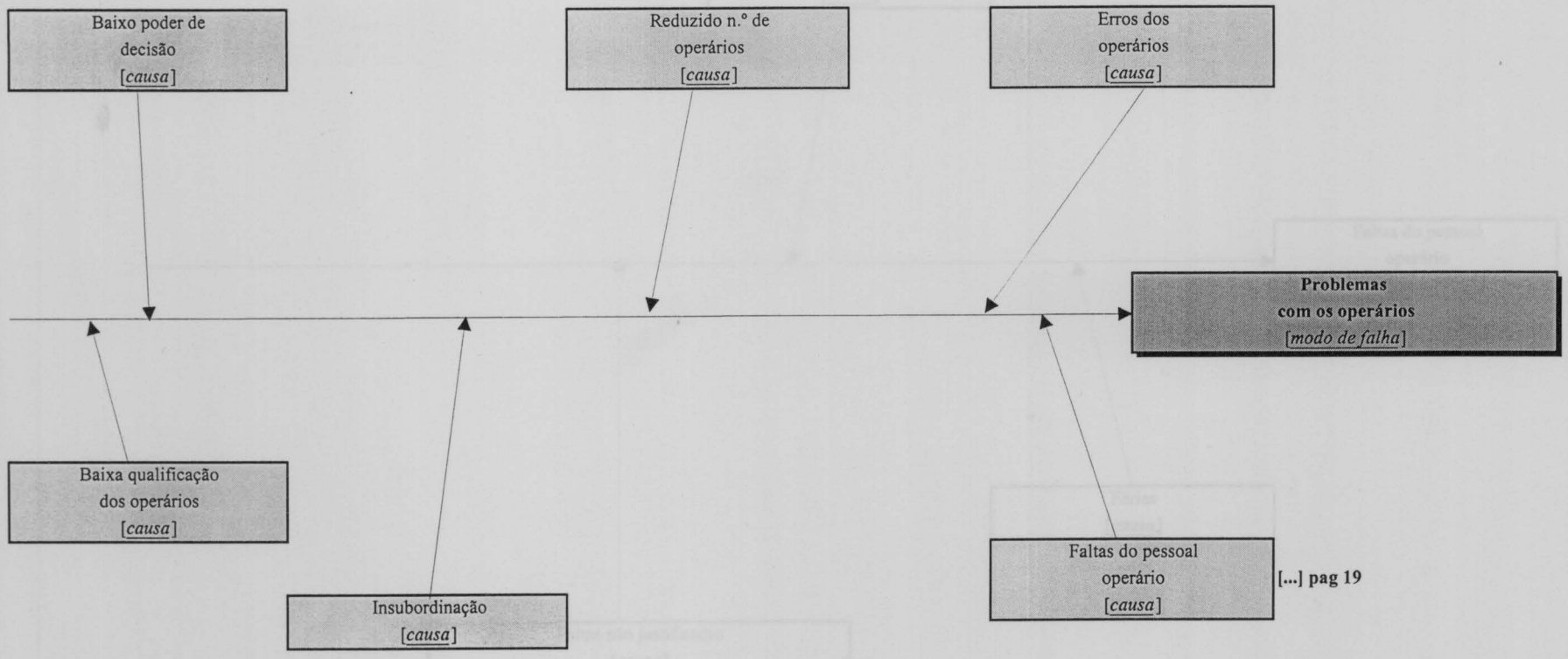

N.º elevado de limpezas
[causa]
Elevado n.º de mudanças de fabrico
[causa]
Elevado tempo despendido na limpeza das extrusoras
[modo de falha]
Bastantes mudanças de cores escuras para claras e vice-versa
[causa]
Reduzido n.º de operários
[causa]
Bastantes mudanças de tintas do tipo texturado para liso e vice-versa
[causa]
Elevado tempo de limpeza
[causa]



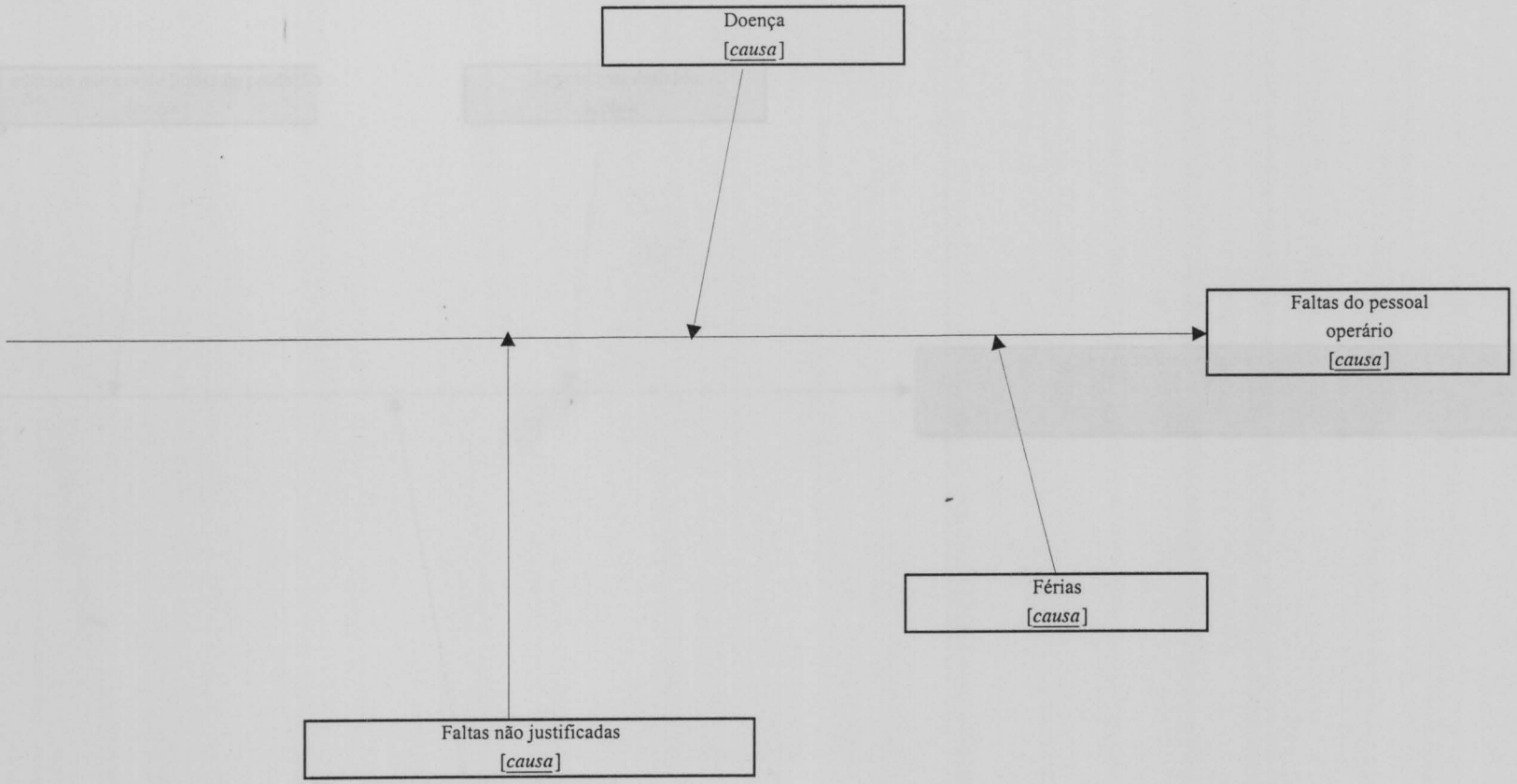
(*) Problema a que a CIN é alheia

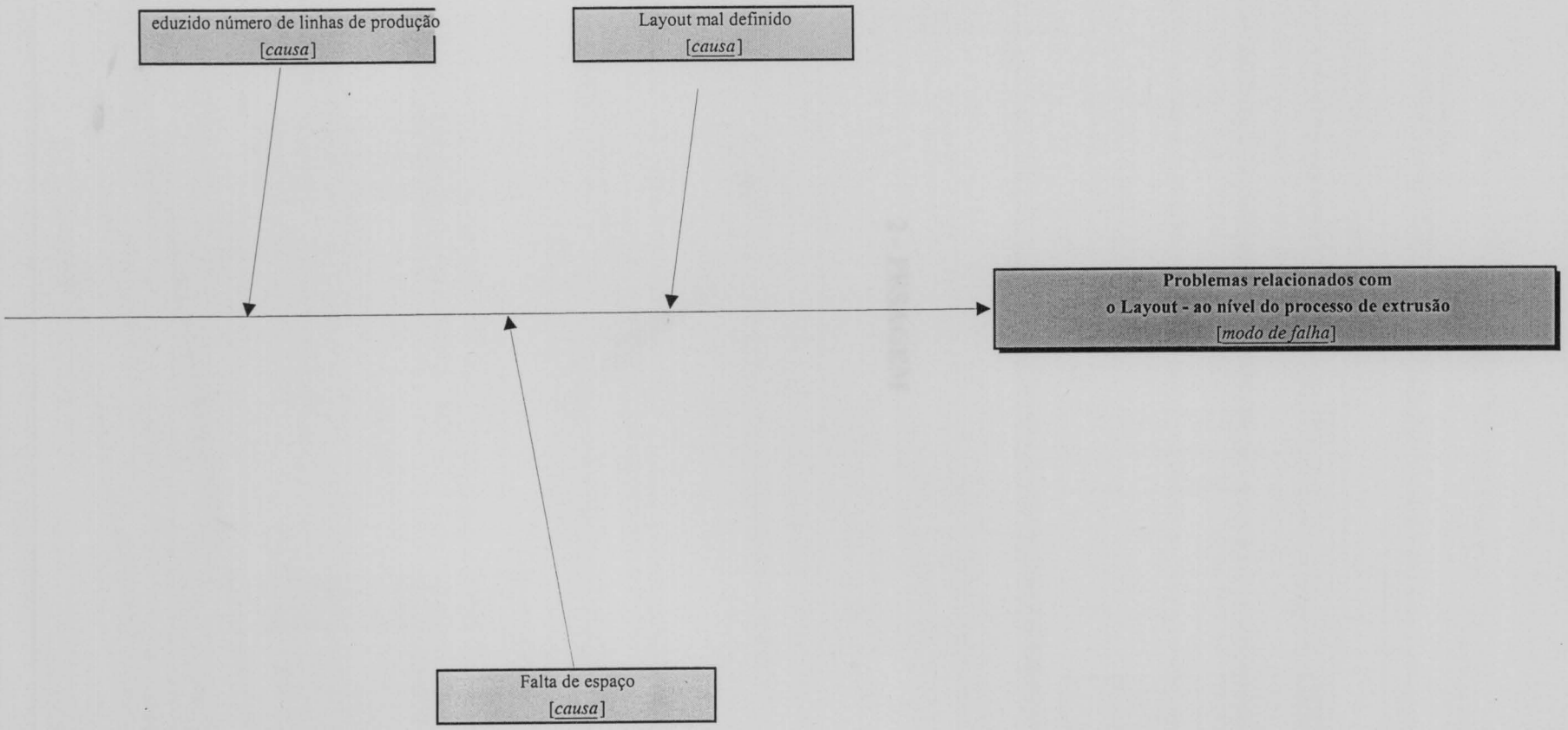
(**) Faz disparar o brabender e não a extrusora


Avarias no equipamento
[causa]
Equipamento pirncipal
obsoleto e/ou danificado
[causa]
Problemas com o equipamento,
uma vez iniciado o fabrico
[modo de falha]
Número reduzido
de contentores
[causa]
Capacidade de extrusão
do produto superior à
de micronização do mesmo
[causa]
Falta de contentores
[causa]

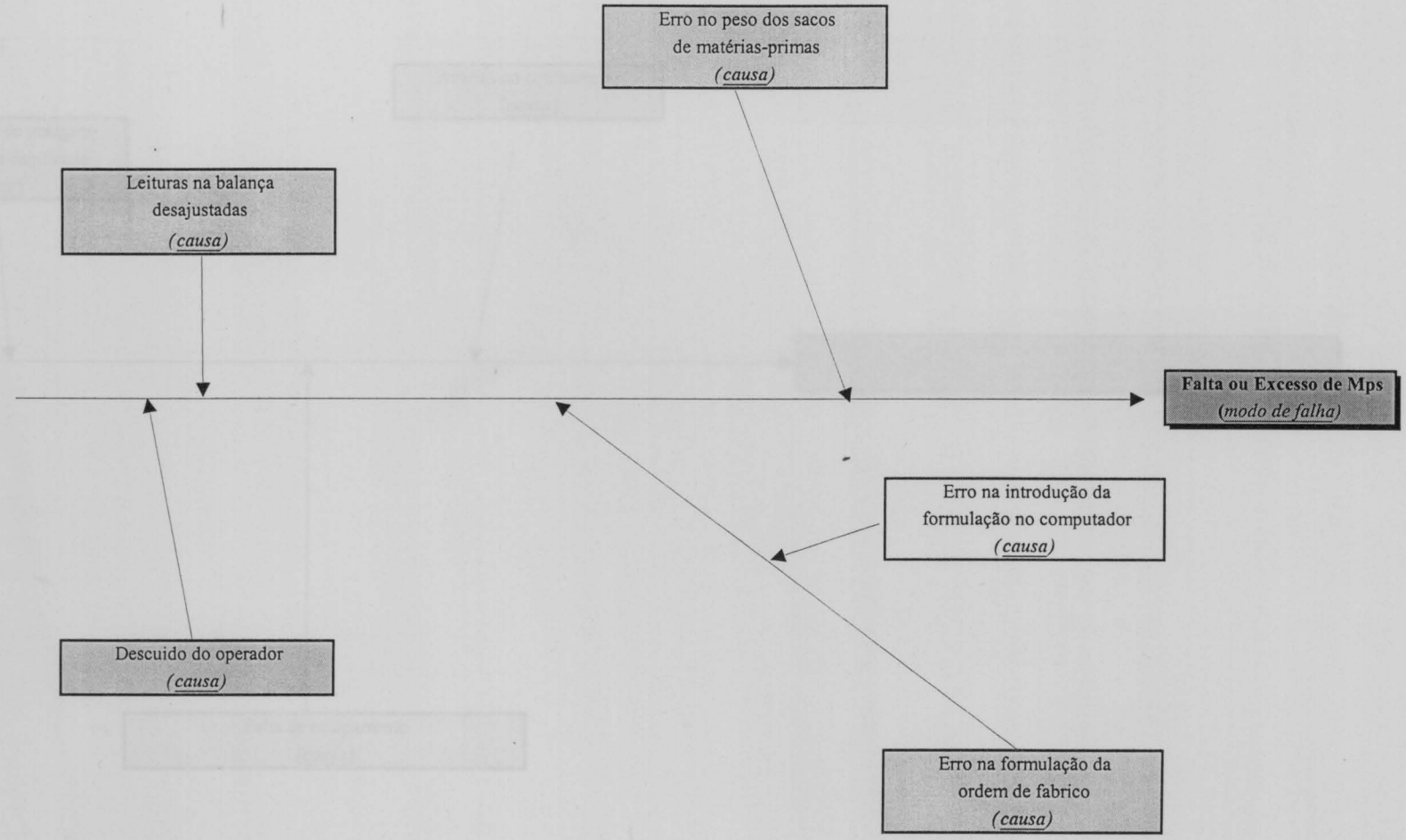

Baixo poder de decisão [causa]
Reduzido n.º de operários [causa]
Erros dos operários [causa]
Problemas com os operários [modo de falha]
Baixa qualificação dos operários [causa]
Insubordinação [causa]
Faltas do pessoal operário [causa]

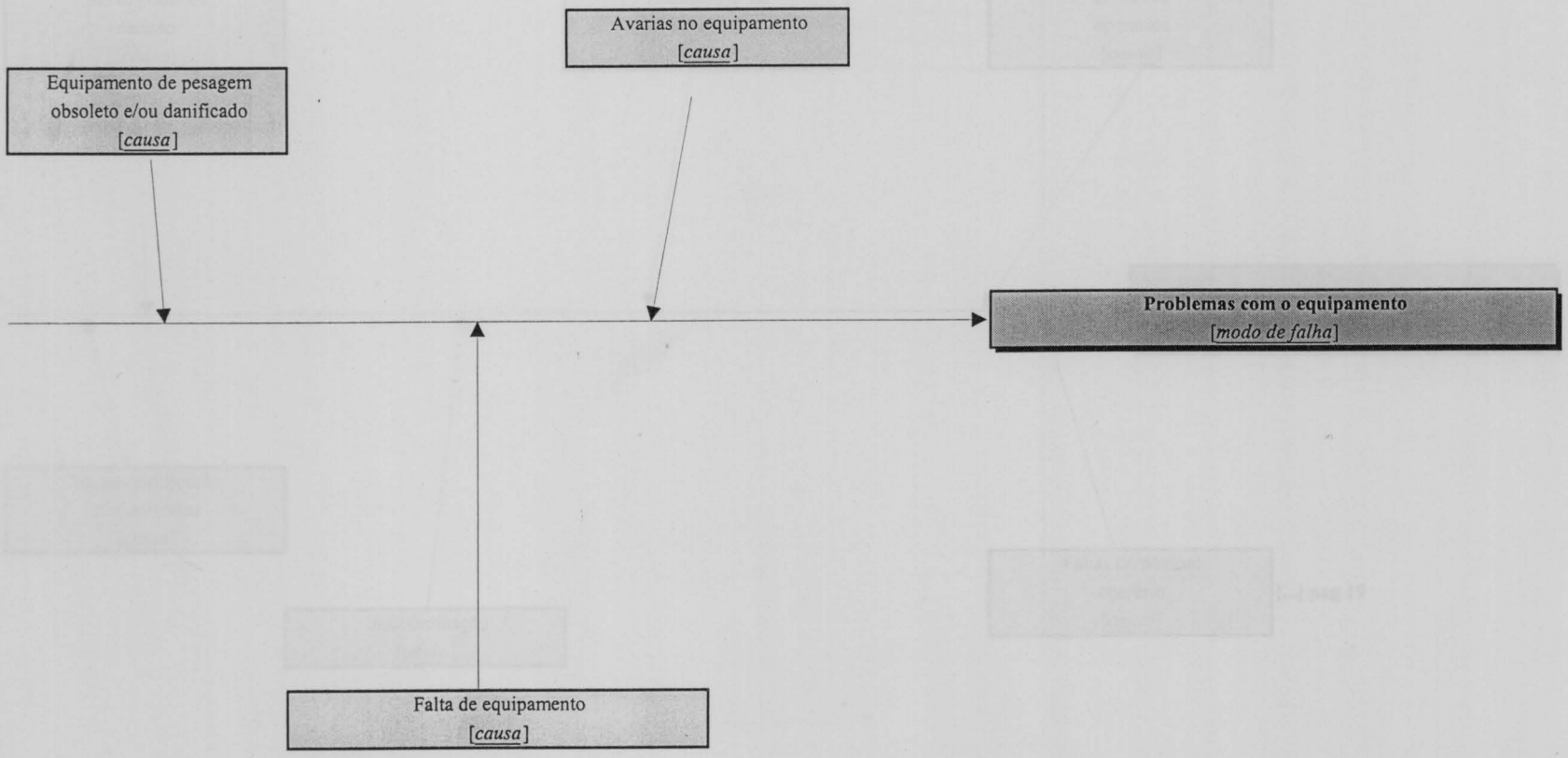
[...] pag 19

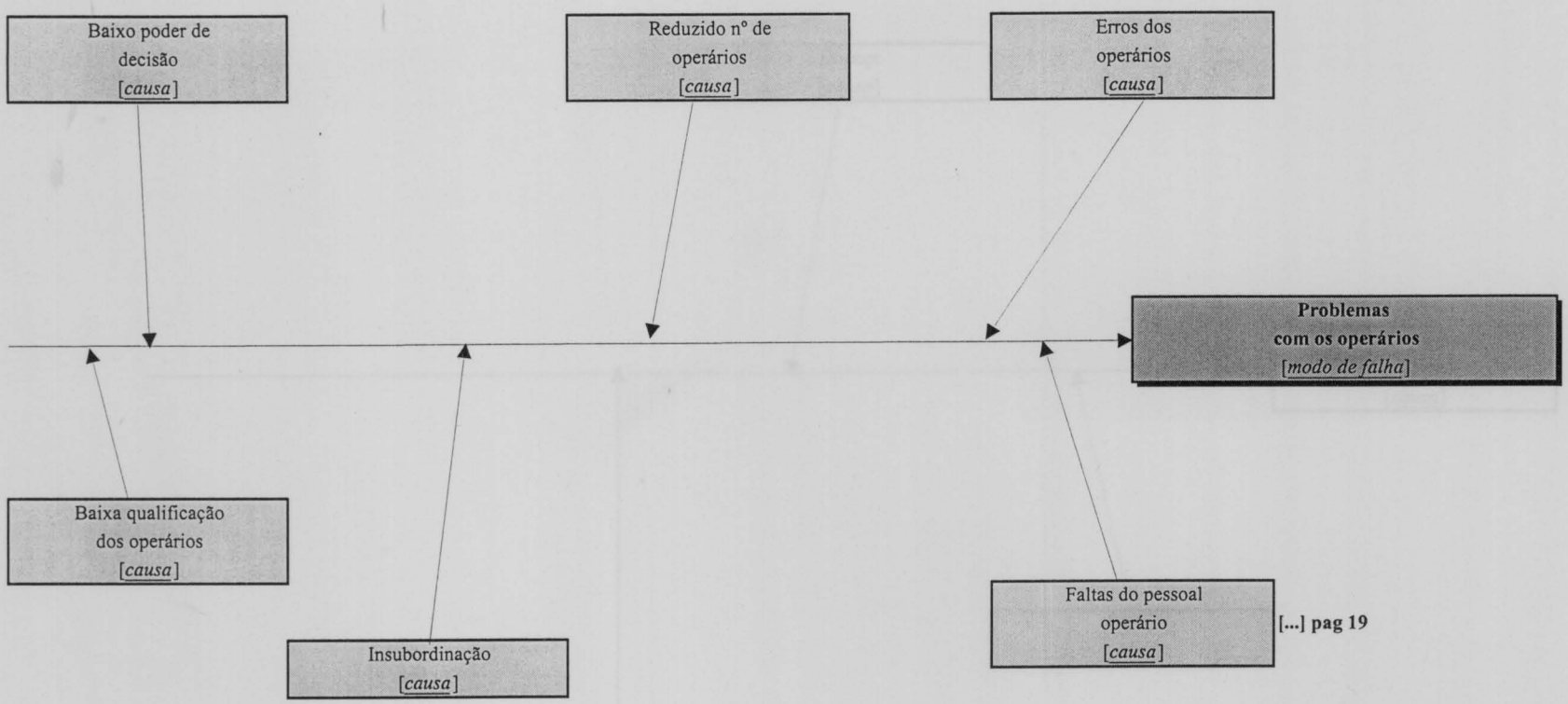

Doença
[causa]
Faltas do pessoal operário
[causa]
Férias
[causa]
Faltas não justificadas
[causa]


eduzido número de linhas de produção
[causa]
Layout mal definido
[causa]
Problemas relacionados com
o Layout - ao nível do processo de extrusão
[modo de falha]
Falta de espaço
[causa]

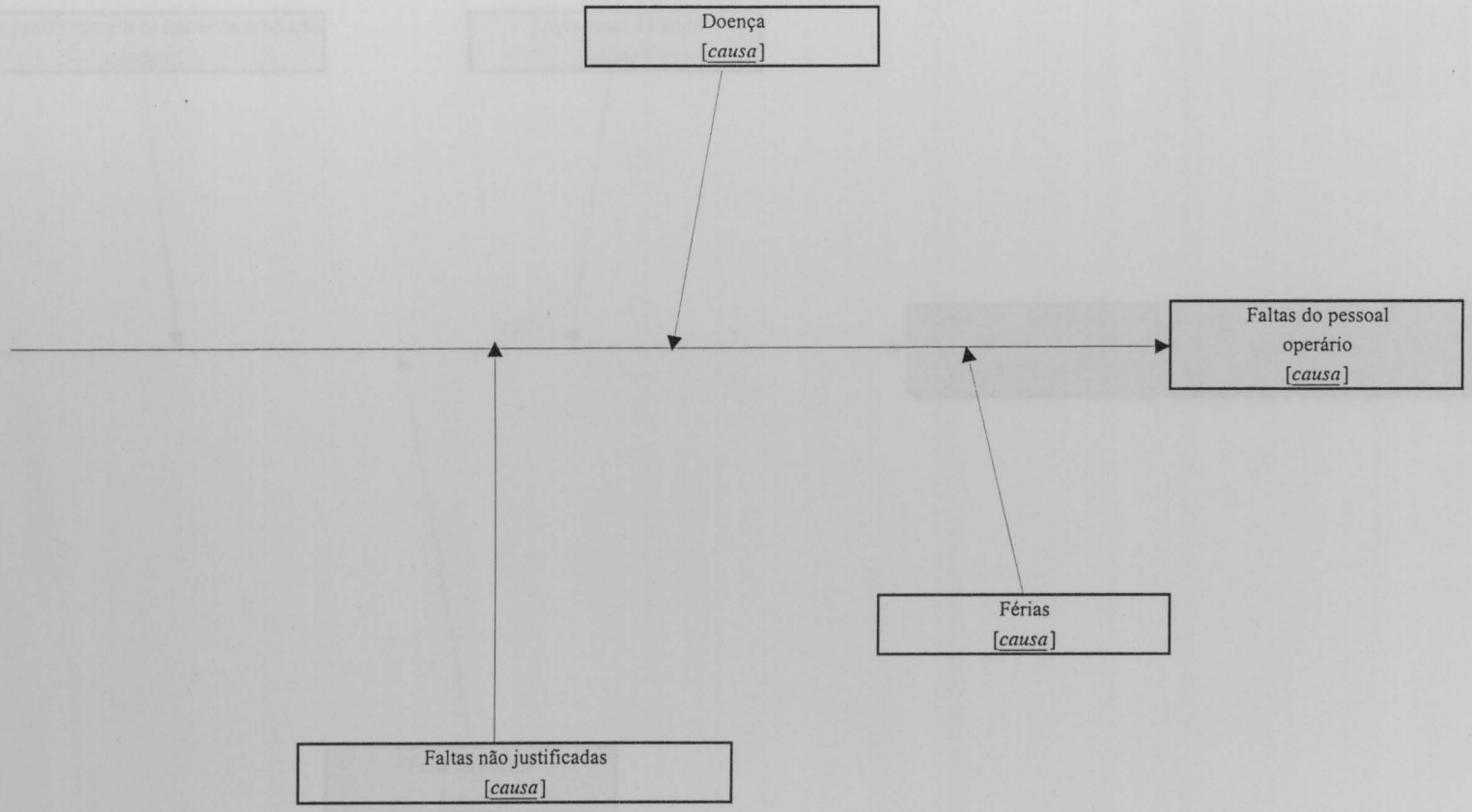
2 - PESAGEM

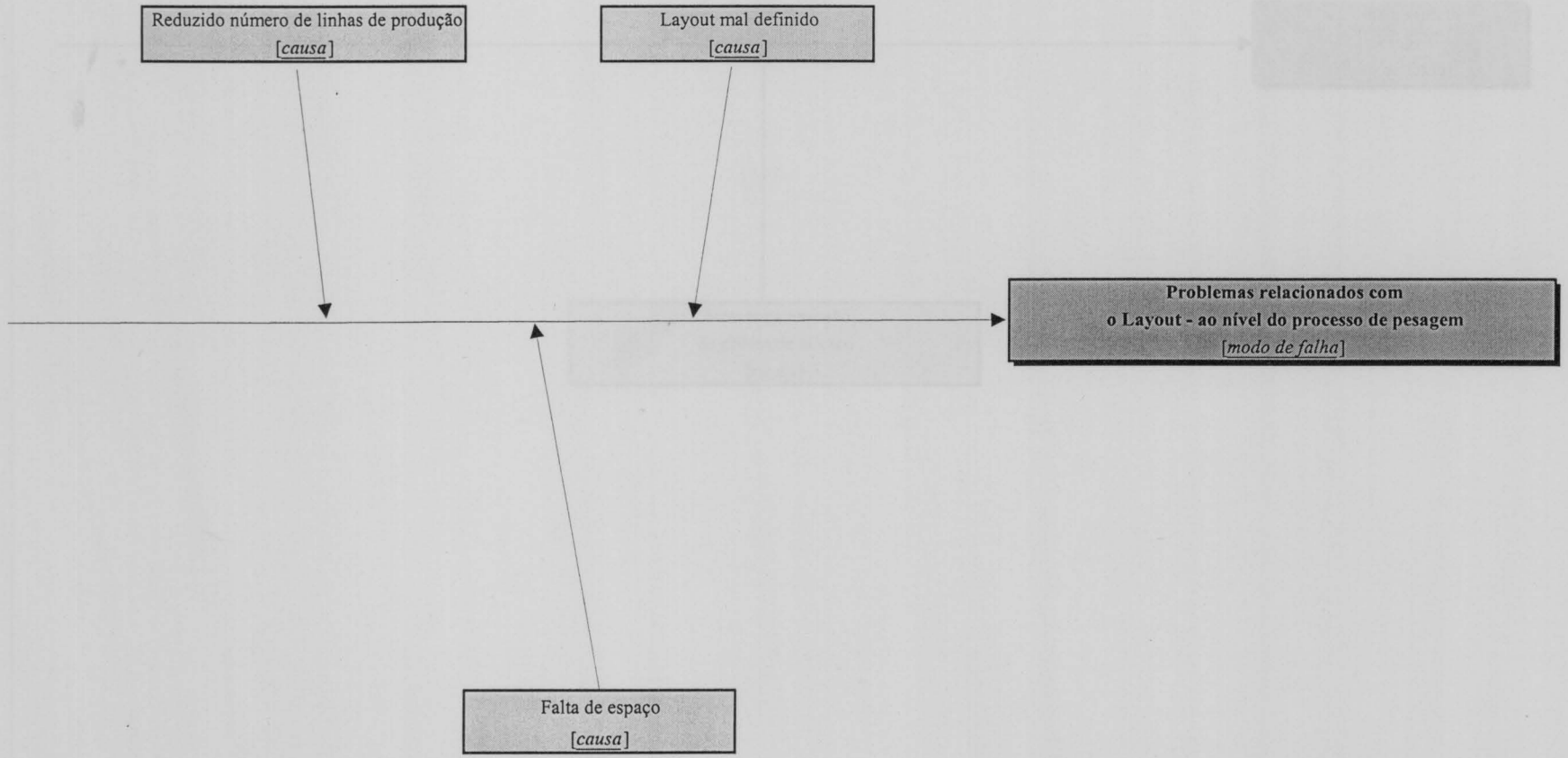

Erro no peso dos sacos de matérias-primas (causa)
Leituras na balança desajustadas (causa)
Falta ou Excesso de Mps (modo de falha)
Erro na introdução da formulação no computador (causa)
Descuido do operador (causa)
Erro na formulação da ordem de fabrico (causa)

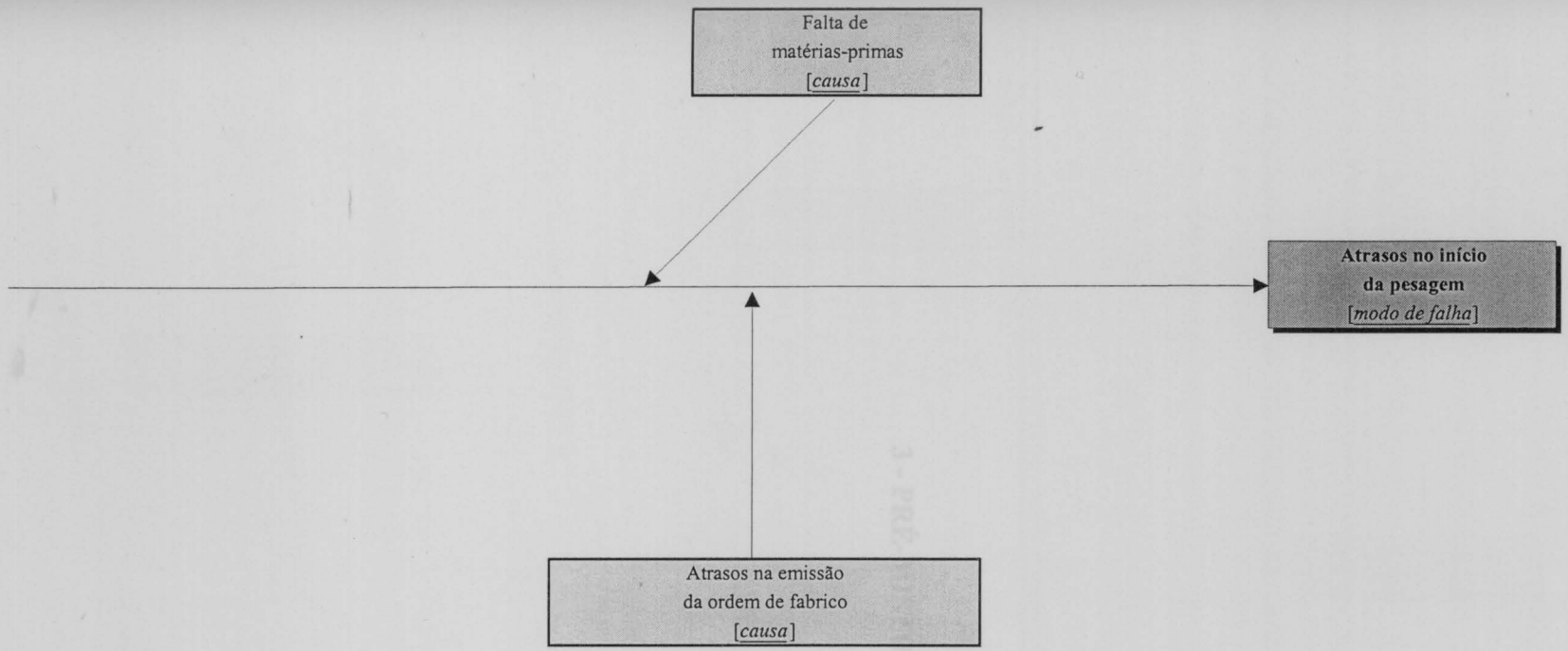

Avarias no equipamento
[causa]
Equipamento de pesagem obsoleto e/ou danificado
[causa]
Problemas com o equipamento
[modo de falha]
Falta de equipamento
[causa]


Baixo poder de decisão [causa]
Reduzido nº de operários [causa]
Erros dos operários [causa]
Problemas com os operários [modo de falha]
Baixa qualificação dos operários [causa]
Insubordinação [causa]
Faltas do pessoal operário [causa]

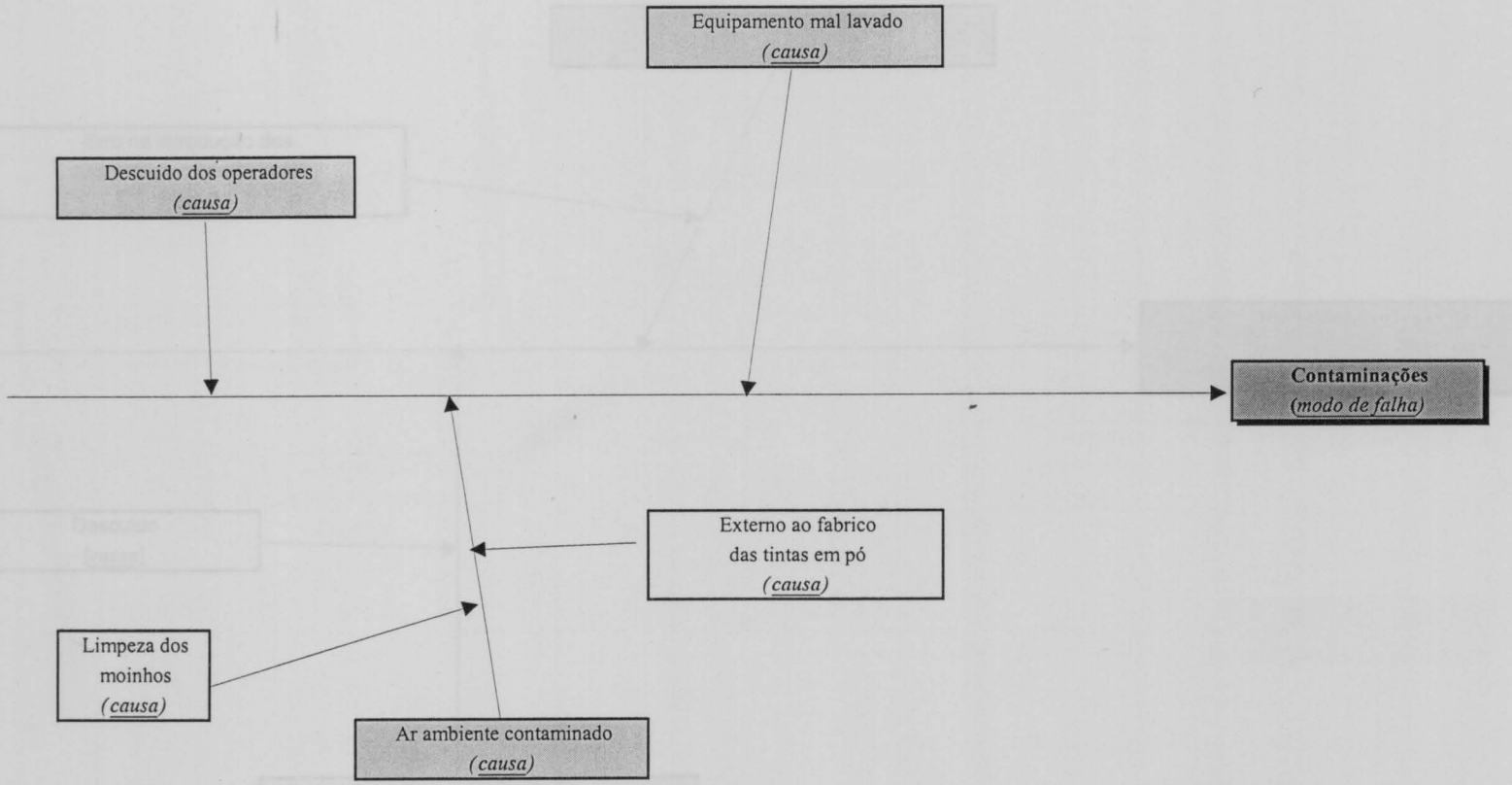
[...] pag 19

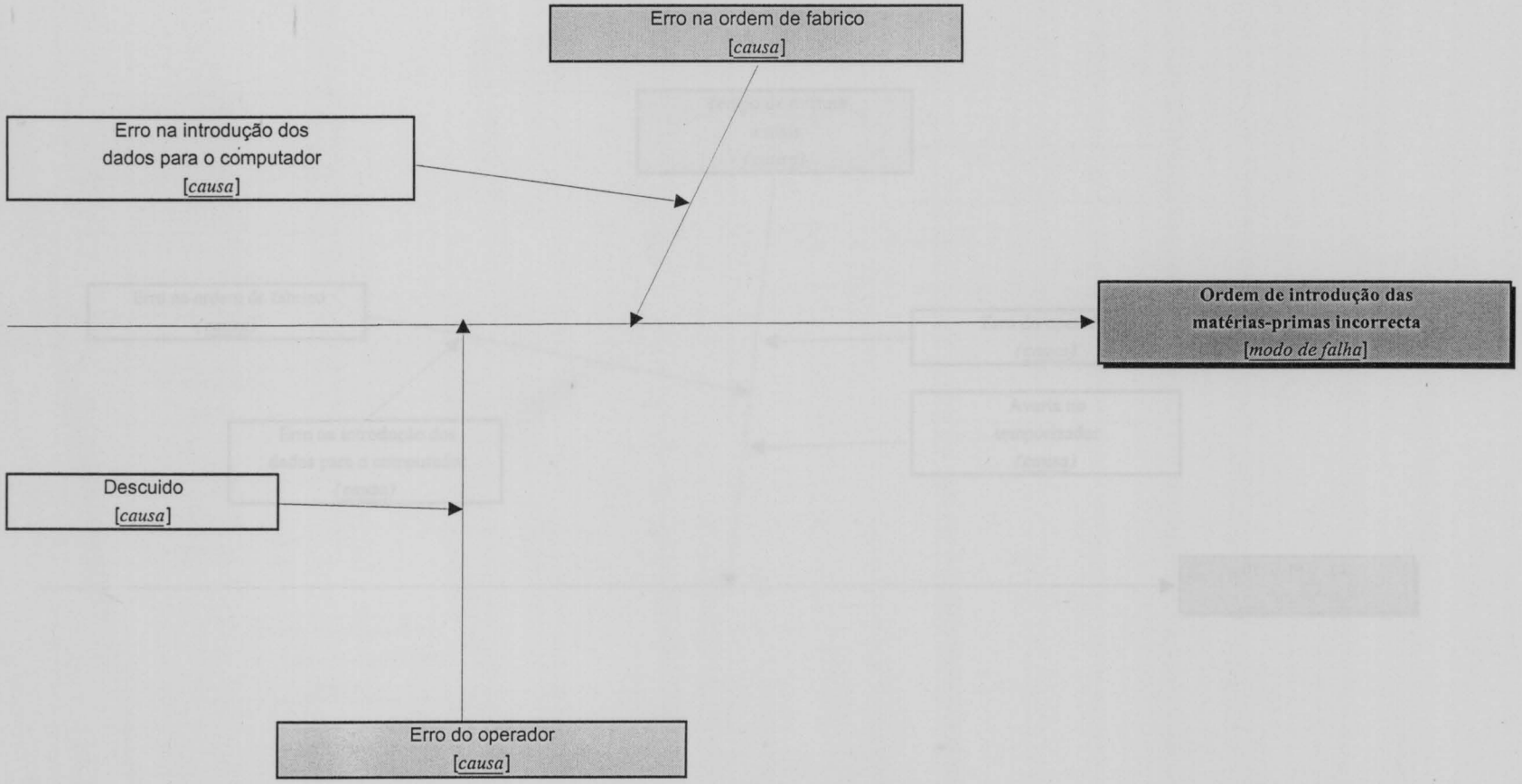

Doença
[causa]
Faltas do pessoal operário
[causa]
Férias
[causa]
Faltas não justificadas
[causa]

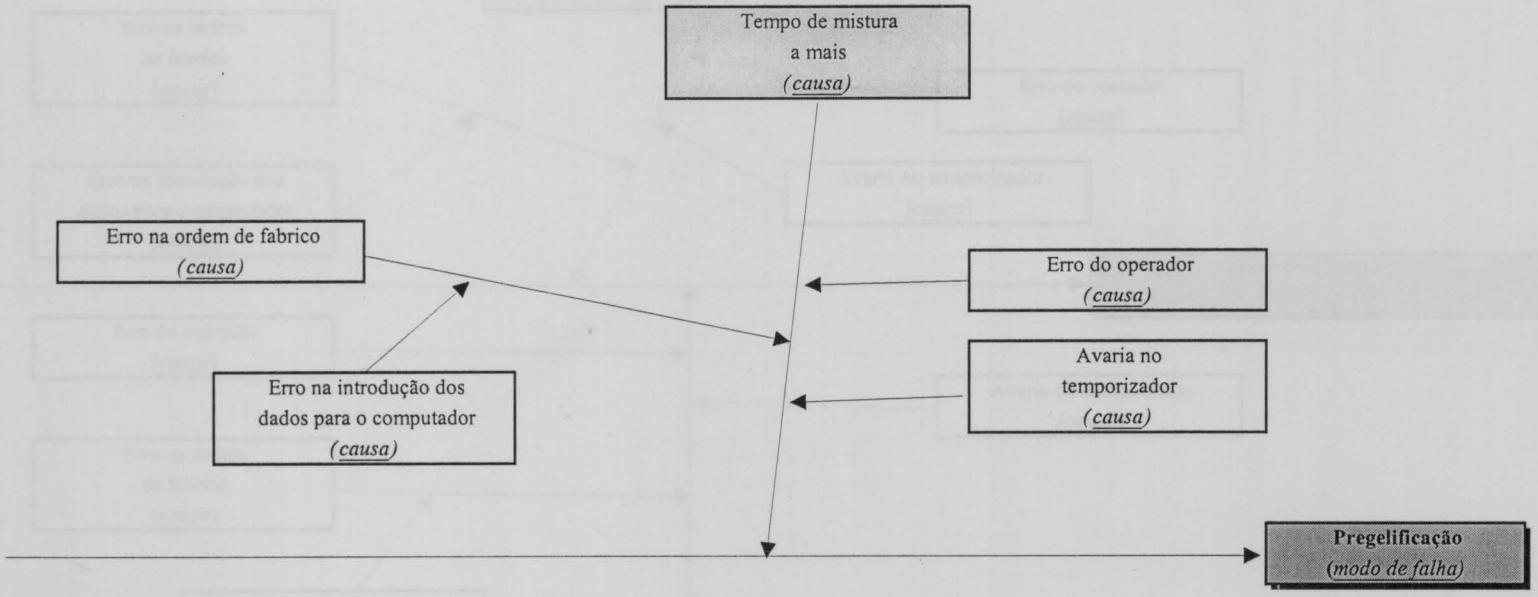

Reduzido número de linhas de produção
[causa]
Layout mal definido
[causa]
Problemas relacionados com
o Layout - ao nível do processo de pesagem
[modo de falha]
Falta de espaço
[causa]

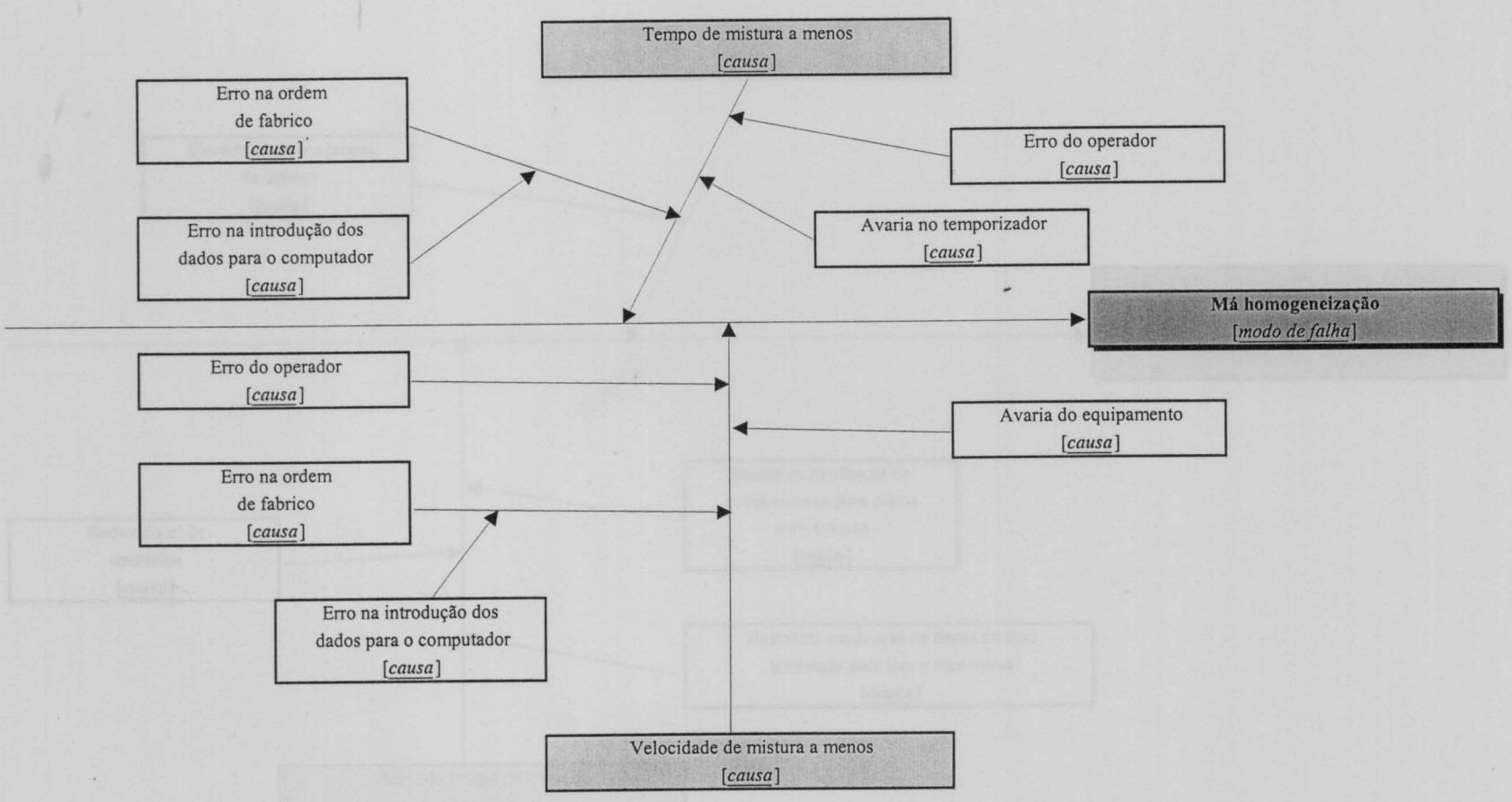

Falta de
matérias-primas
[causa]
Atrasos no início
da pesagem
[modo de falha]
Atrasos na emissão
da ordem de fabrico
[causa]

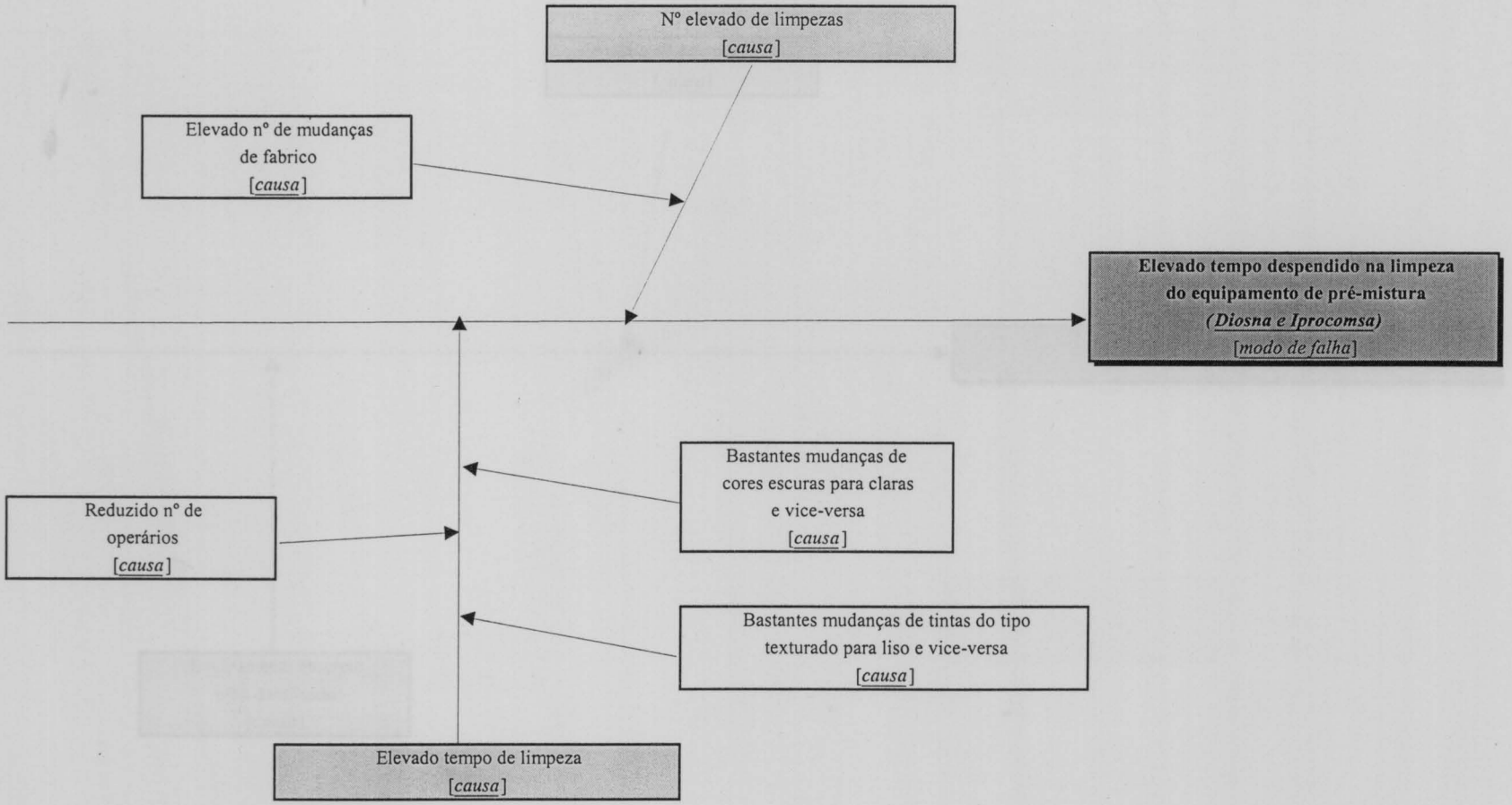
3 - PRÉ-MISTURA

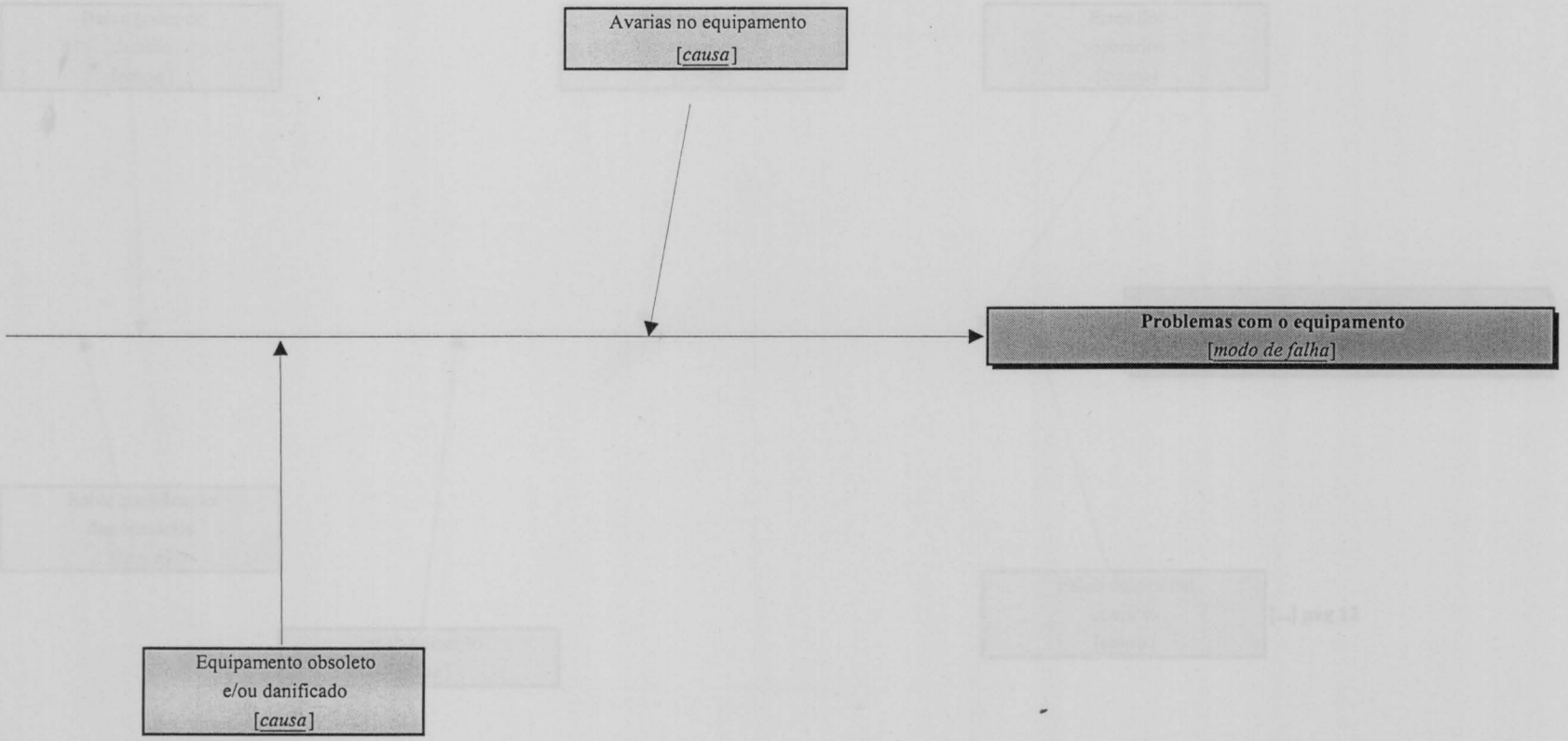

Equipamento mal lavado
(causa)
Descuido dos operadores
(causa)
Contaminações
(modo de falha)
Externo ao fabrico
das tintas em pó
(causa)
Limpeza dos
moinhos
(causa)
Ar ambiente contaminado
(causa)

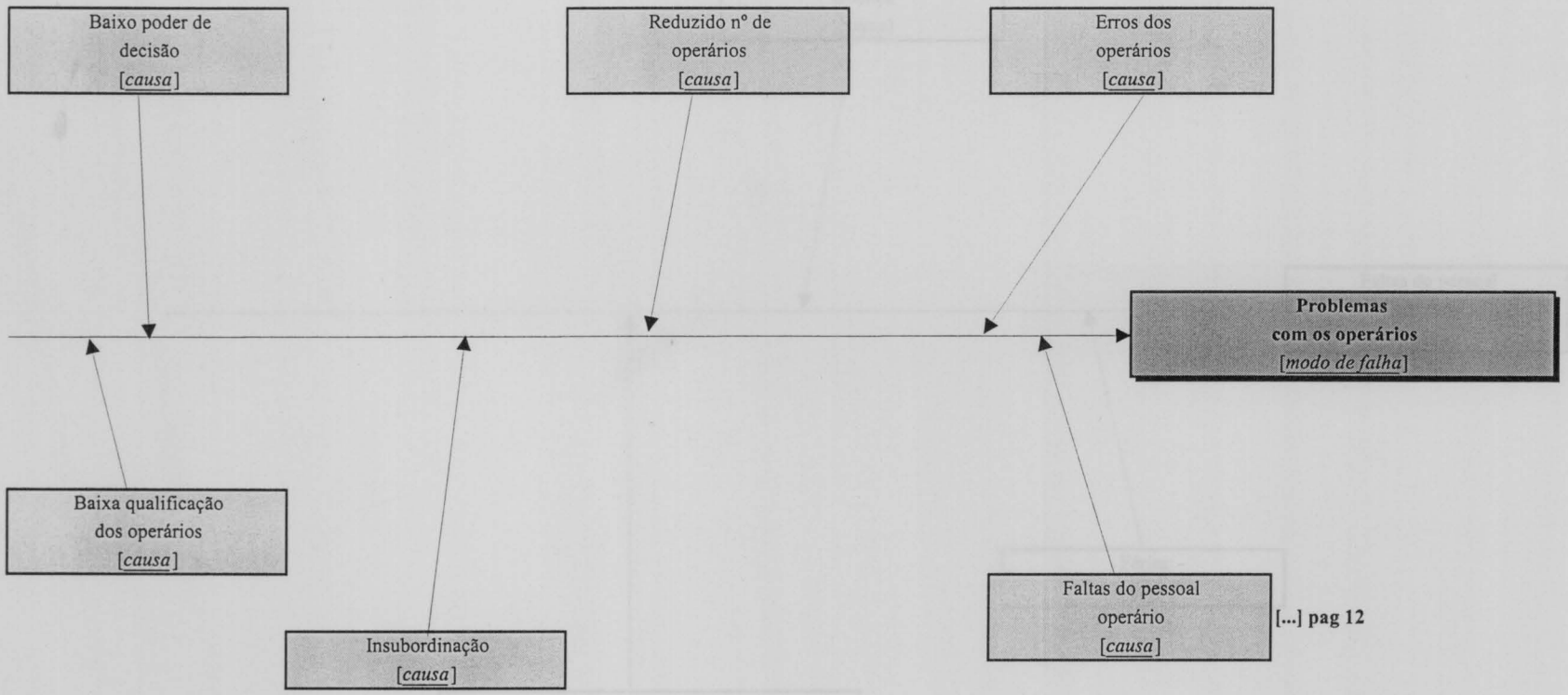

Erro na ordem de fabrico
[causa]
Erro na introdução dos dados para o computador
[causa]
Ordem de introdução das matérias-primas incorrecta
[modo de falha]
Descuido
[causa]
Erro do operador
[causa]


Tempo de mistura
a mais
(causa)
Erro na ordem de fabrico
(causa)
Erro do operador
(causa)
Avaria no
temporizador
(causa)
Erro na introdução dos
dados para o computador
(causa)
Pregelificação
(modo de falha)

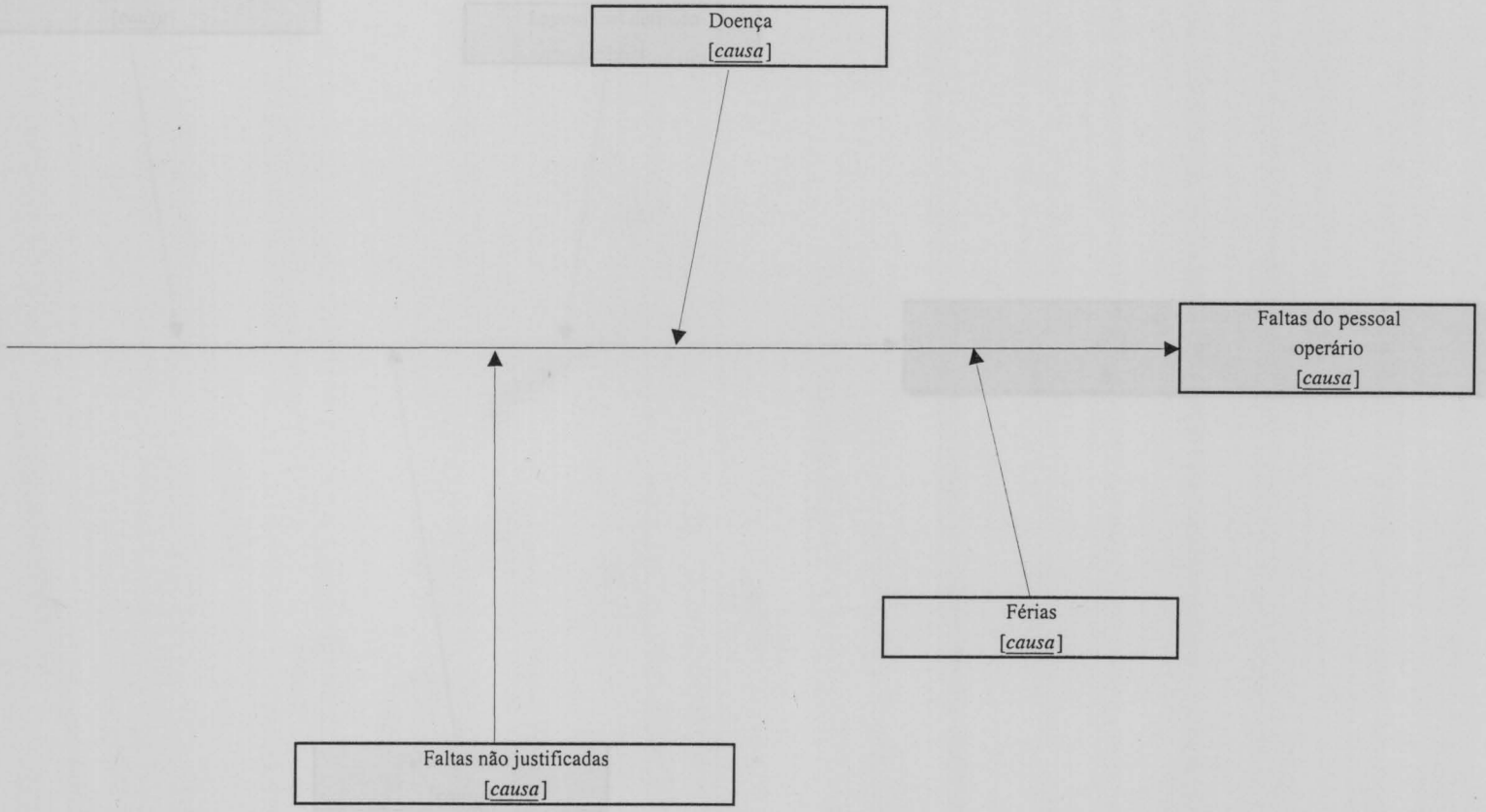

Tempo de mistura a menos
[causa]
Erro na ordem de fabrico
[causa]
Erro do operador
[causa]
Erro na introdução dos dados para o computador
[causa]
Avaria no temporizador
[causa]
Má homogeneização
[modo de falha]
Erro do operador
[causa]
Avaria do equipamento
[causa]
Erro na ordem de fabrico
[causa]
Erro na introdução dos dados para o computador
[causa]
Velocidade de mistura a menos
[causa]

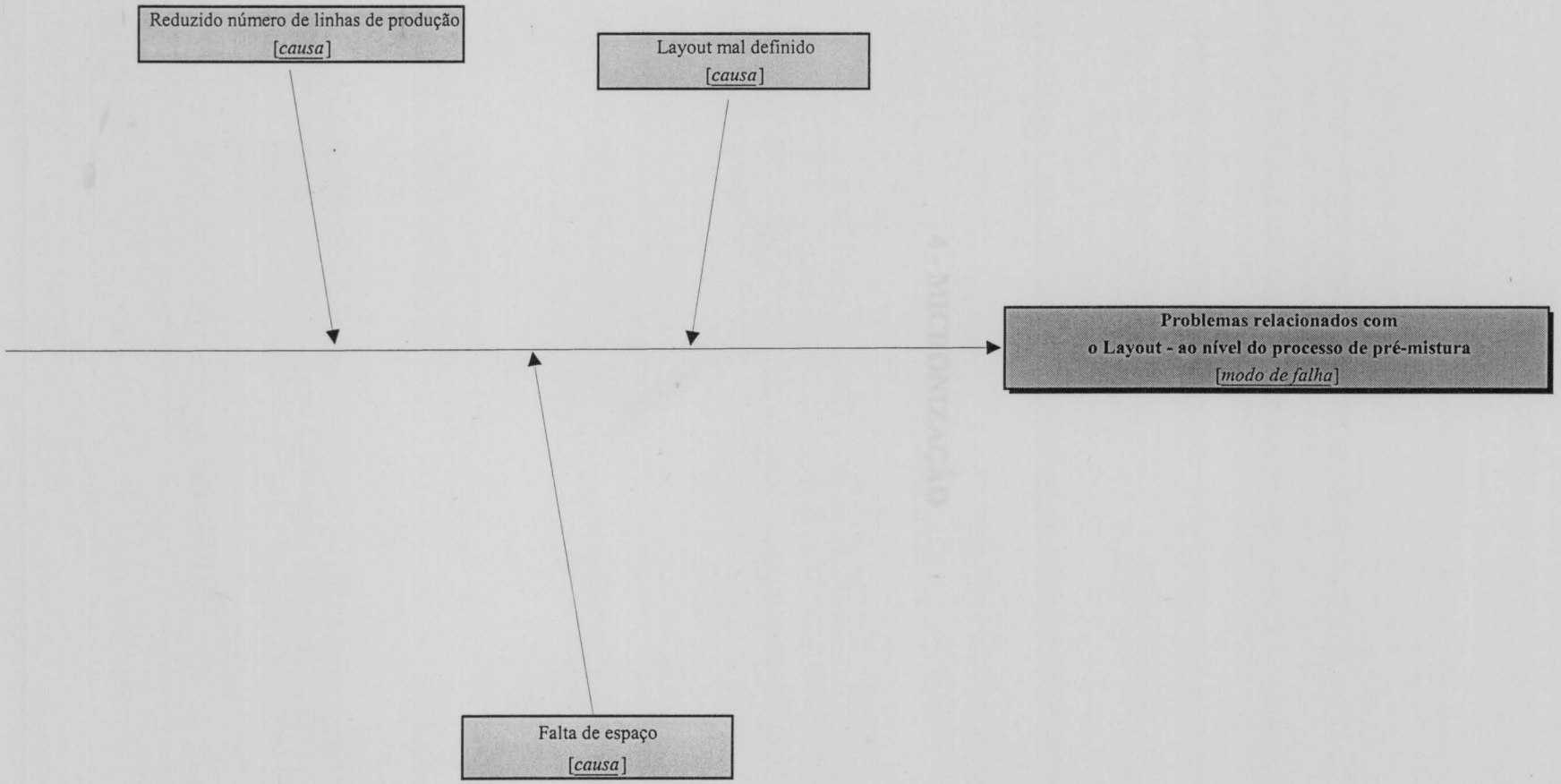

Nº elevado de limpezas
[causa]
Elevado nº de mudanças de fabrico
[causa]
Elevado tempo despendido na limpeza do equipamento de pré-mistura
(Diosna e Iprocomsa)
[modo de falha]
Bastantes mudanças de cores escuras para claras e vice-versa
[causa]
Reduzido nº de operários
[causa]
Bastantes mudanças de tintas do tipo texturado para liso e vice-versa
[causa]
Elevado tempo de limpeza
[causa]


Avarias no equipamento
[causa]
Problemas com o equipamento
[modo de falha]
Equipamento obsoleto
e/ou danificado
[causa]

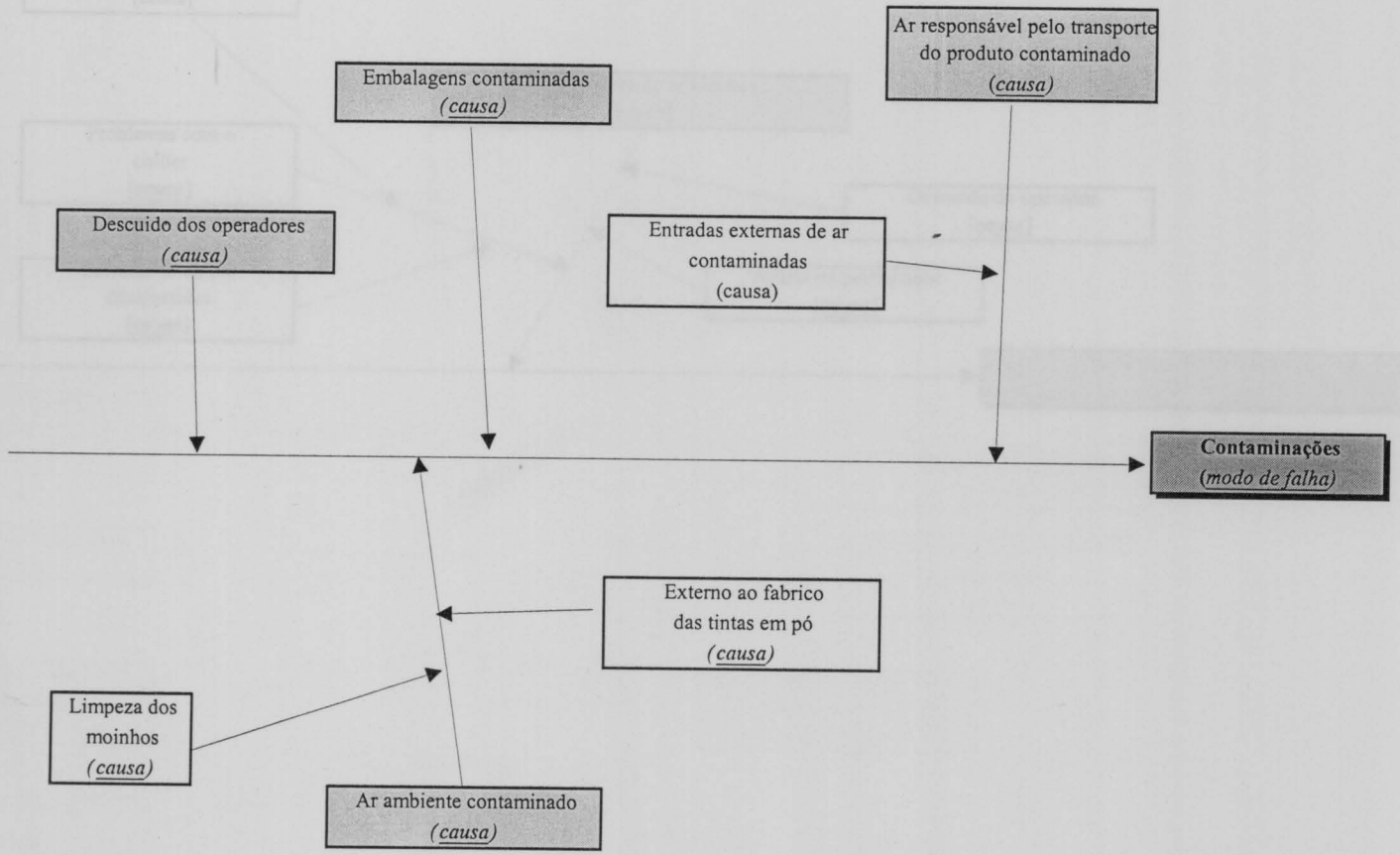

Baixo poder de decisão [causa]
Reduzido nº de operários [causa]
Erros dos operários [causa]
Problemas com os operários [modo de falha]
Baixa qualificação dos operários [causa]
Insubordinação [causa]
Faltas do pessoal operário [causa]

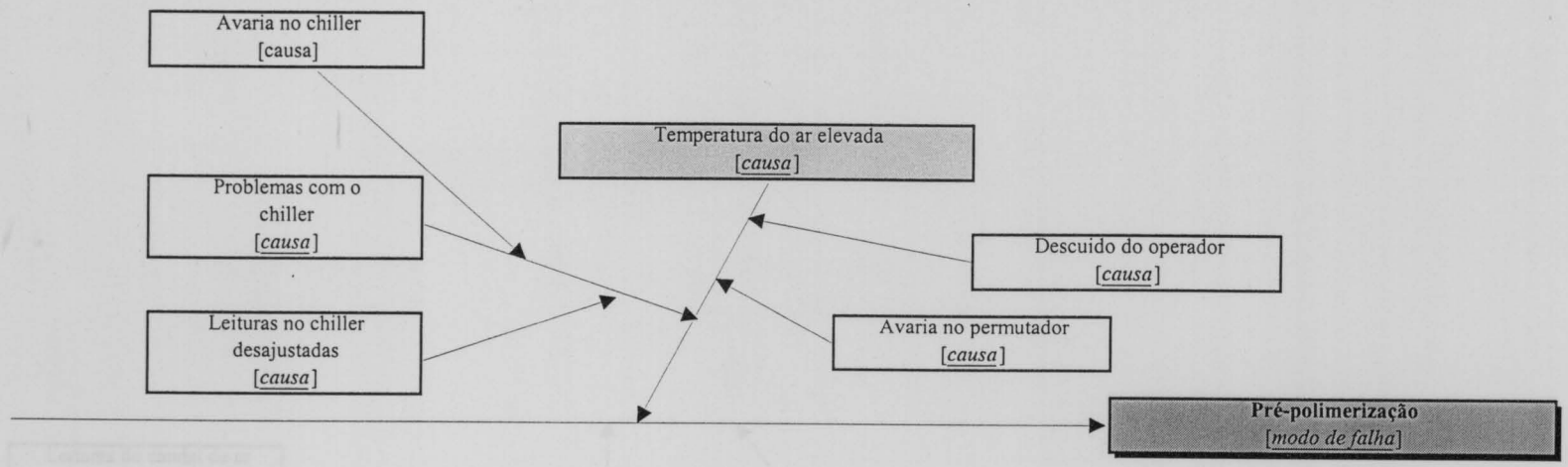
[...] pag 12

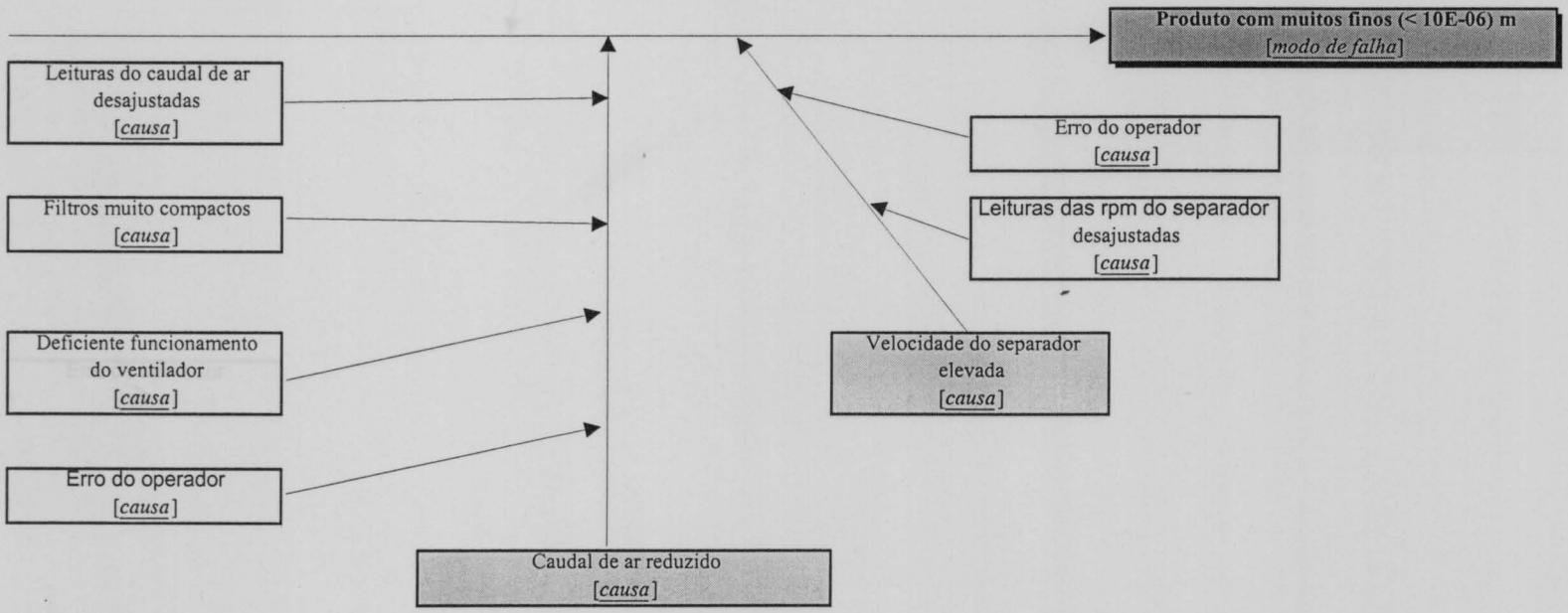

Doença
[causa]
Faltas do pessoal operário
[causa]
Férias
[causa]
Faltas não justificadas
[causa]

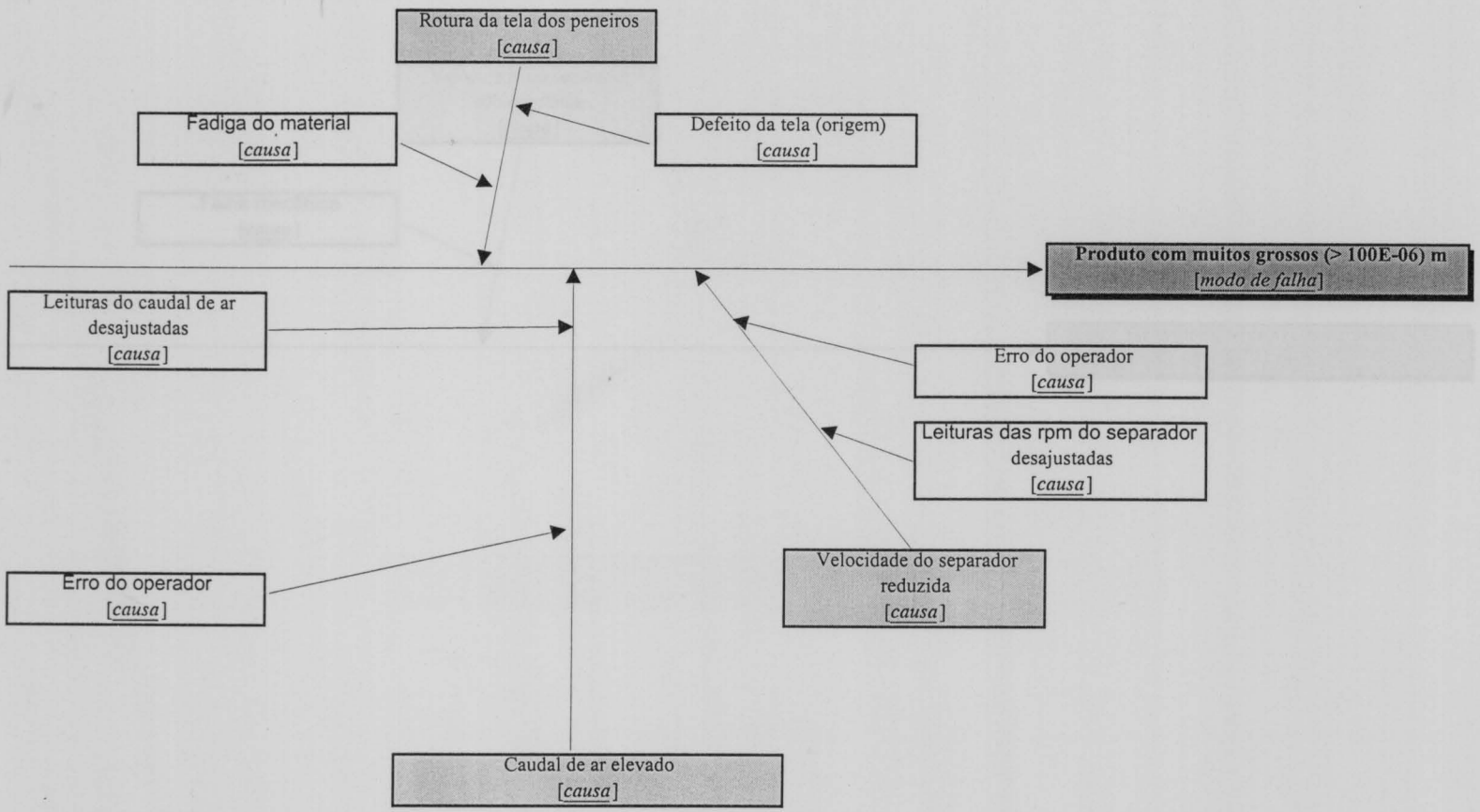

Reduzido número de linhas de produção
[causa]
Layout mal definido
[causa]
Problemas relacionados com
o Layout - ao nível do processo de pré-mistura
[modo de falha]
Falta de espaço
[causa]

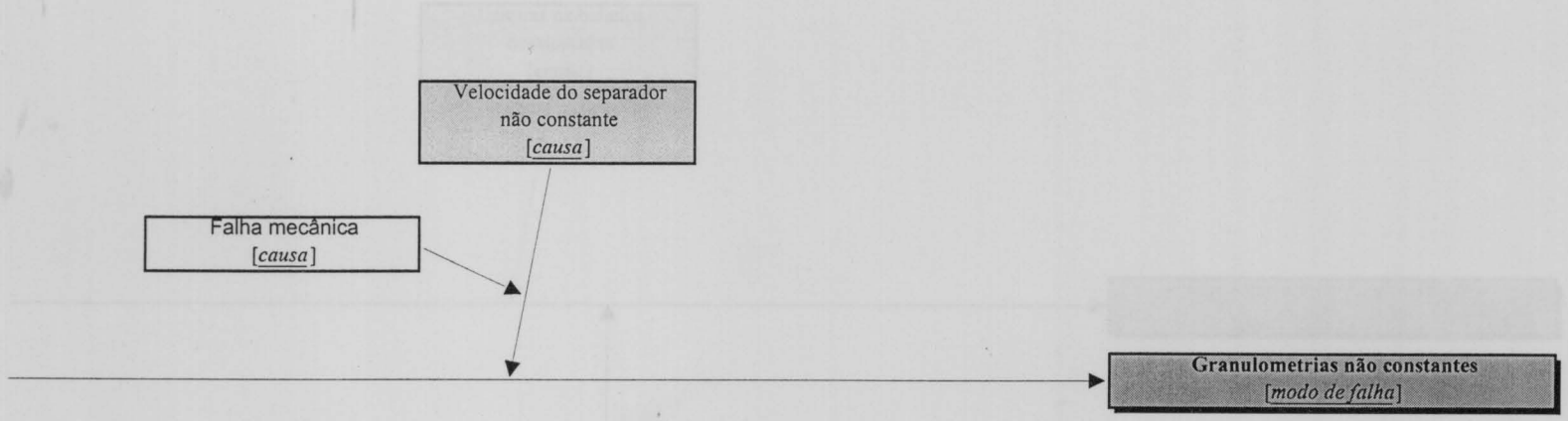
4 - MICRONIZAÇÃO

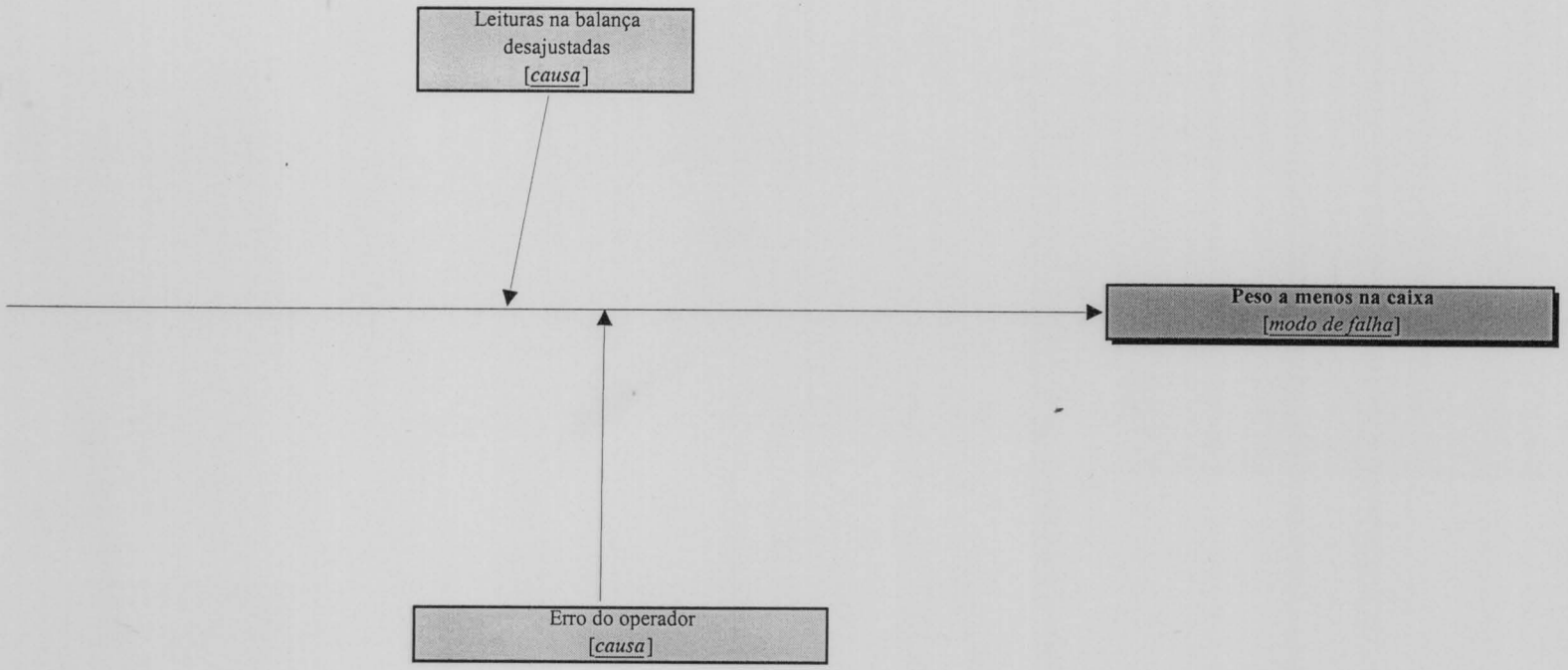

Ar responsável pelo transporte do produto contaminado (causa)
Embalagens contaminadas (causa)
Descuido dos operadores (causa)
Entradas externas de ar contaminadas (causa)
Contaminações (modo de falha)
Externo ao fabrico das tintas em pó (causa)
Limpeza dos moinhos (causa)
Ar ambiente contaminado (causa)

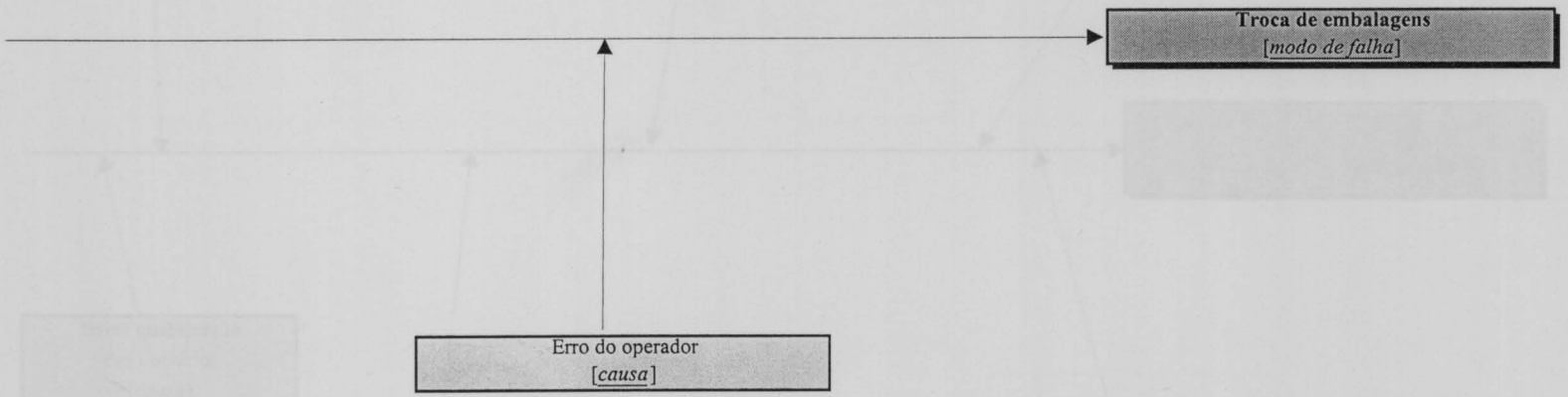

Avaria no chiller
[causa]
Temperatura do ar elevada
[causa]
Problemas com o chiller
[causa]
Descuido do operador
[causa]
Leituras no chiller desajustadas
[causa]
Avaria no permutador
[causa]
Pré-polimerização
[modo de falha]

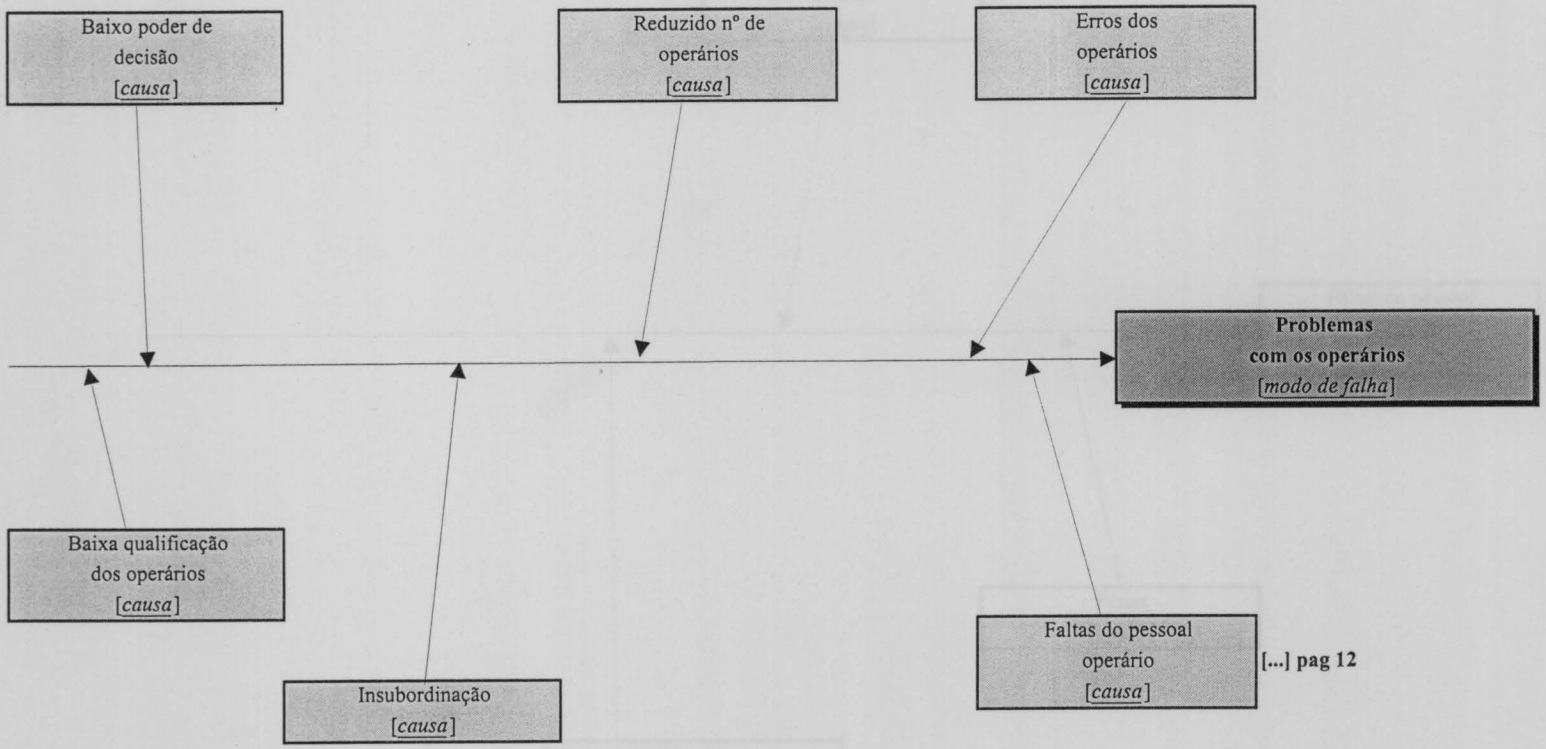

Produto com muitos finos (< 10E-06) m
[modo de falha]
Leituras do caudal de ar desajustadas
[causa]
Filtros muito compactos
[causa]
Deficiente funcionamento do ventilador
[causa]
Erro do operador
[causa]
Caudal de ar reduzido
[causa]
Erro do operador
[causa]
Leituras das rpm do separador desajustadas
[causa]
Velocidade do separador elevada
[causa]

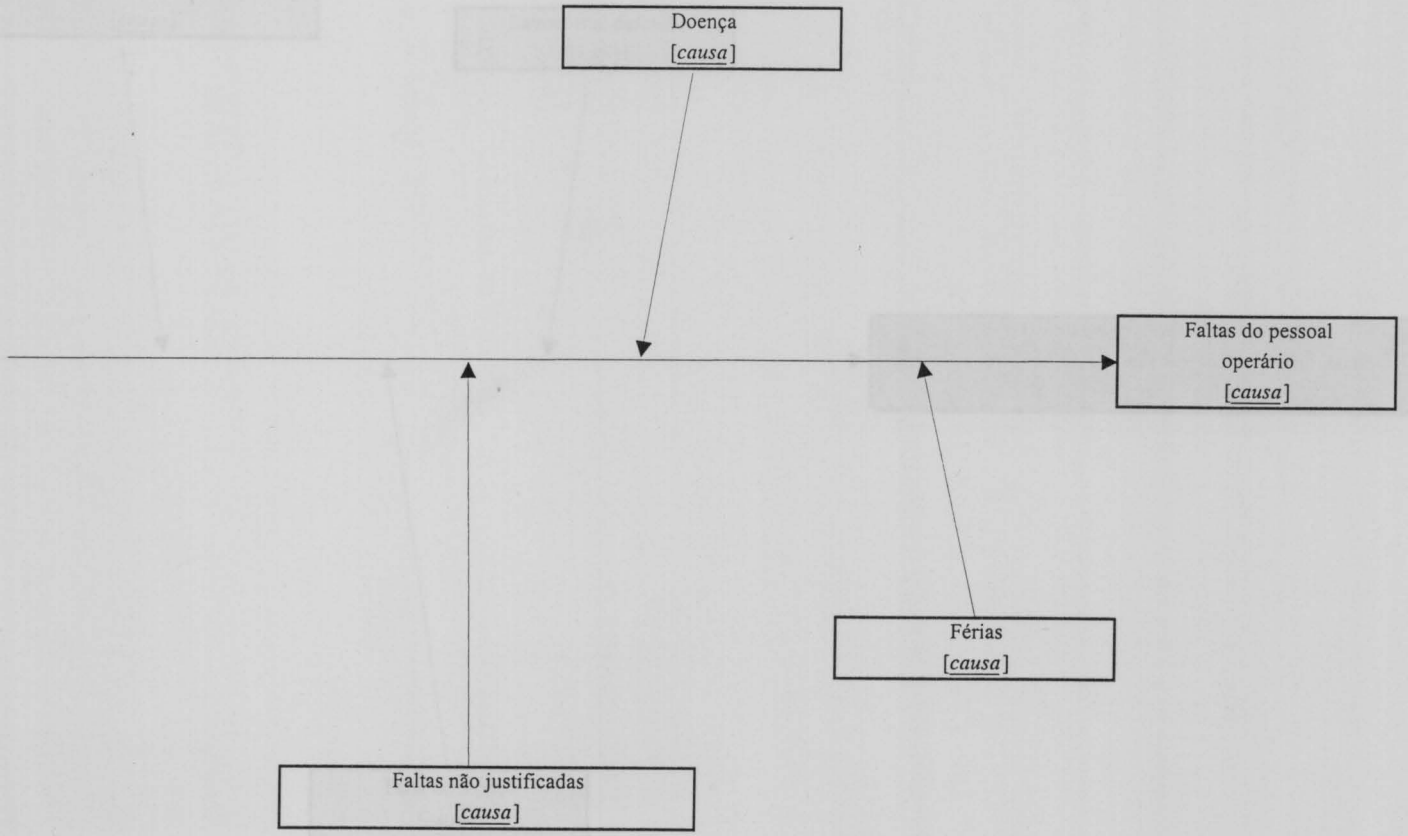

Rotura da tela dos peneiros
[causa]
Fadiga do material
[causa]
Defeito da tela (origem)
[causa]
Produto com muitos grossos (> 100E-06) m
[modo de falha]
Leituras do caudal de ar desajustadas
[causa]
Erro do operador
[causa]
Leituras das rpm do separador desajustadas
[causa]
Velocidade do separador reduzida
[causa]
Erro do operador
[causa]
Caudal de ar elevado
[causa]

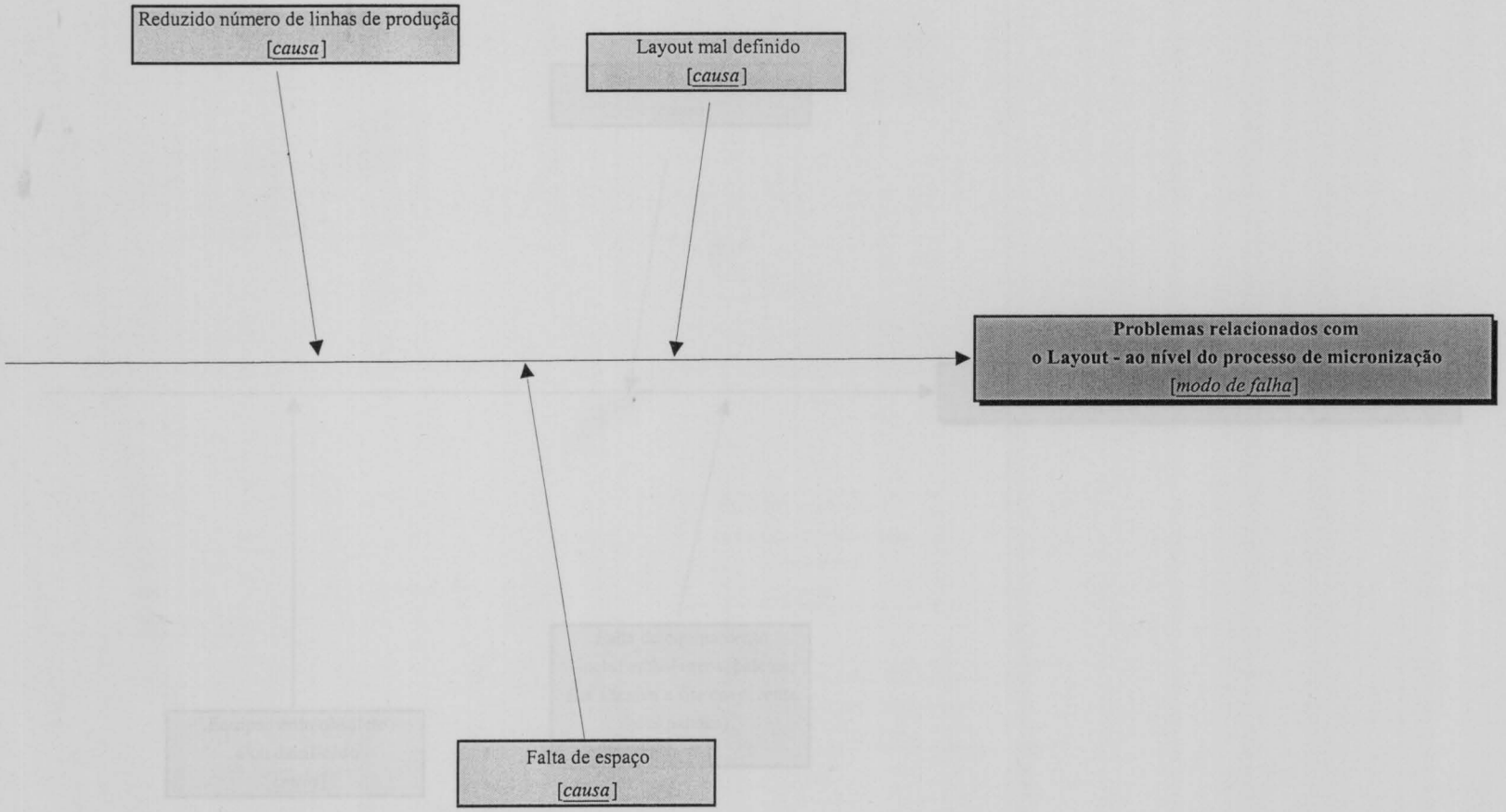

Velocidade do separador não constante [causa]
Falha mecânica [causa]
Granulometrias não constantes [modo de falha]

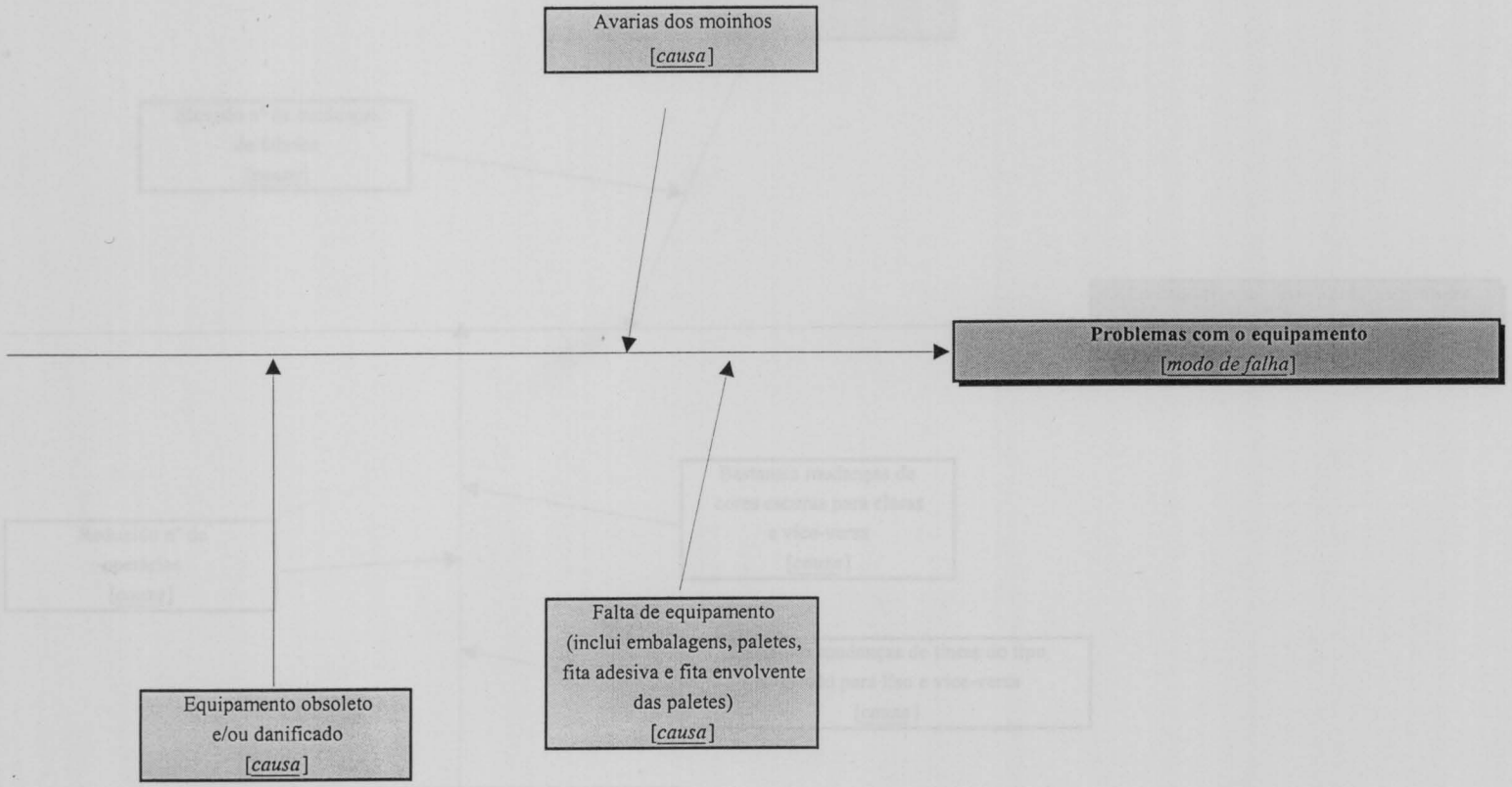

Leituras na balança desajustadas
[causa]
Peso a menos na caixa
[modo de falha]
Erro do operador
[causa]

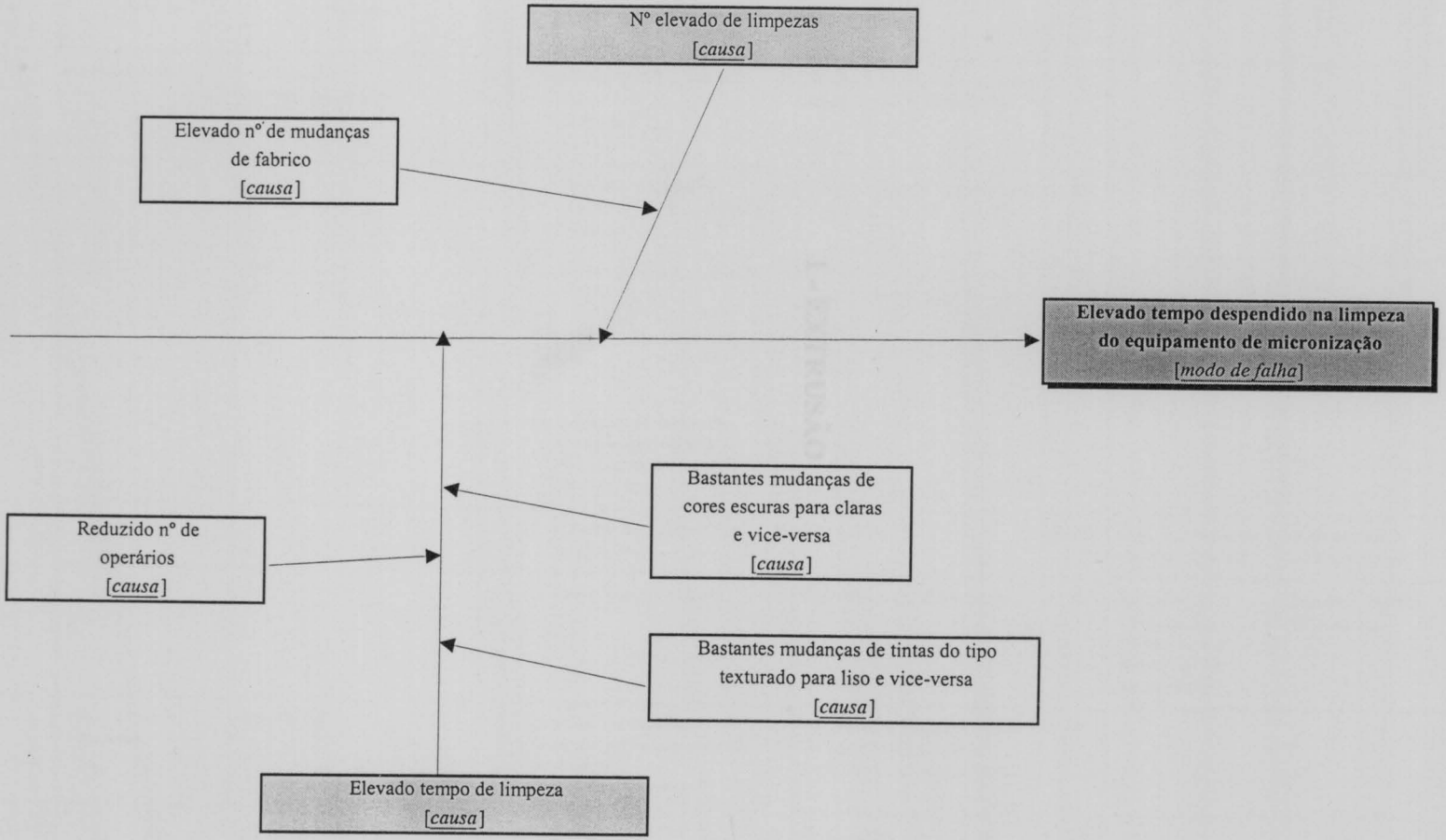

Troca de embalagens
[modo de falha]
Erro do operador
[causa]


Baixo poder de decisão [causa]
Reduzido nº de operários [causa]
Erros dos operários [causa]
Problemas com os operários [modo de falha]
Baixa qualificação dos operários [causa]
Insubordinação [causa]
Faltas do pessoal operário [causa]
[...] pag 12


Doença
[causa]
Faltas do pessoal operário
[causa]
Férias
[causa]
Faltas não justificadas
[causa]


Reduzido número de linhas de produção
[causa]
Layout mal definido
[causa]
Problemas relacionados com
o Layout - ao nível do processo de micronização
[modo de falha]
Falta de espaço
[causa]


Avarias dos moinhos
[causa]
Problemas com o equipamento
[modo de falha]
Falta de equipamento
(inclui embalagens, paletes,
fita adesiva e fita envolvente
das paletes)
[causa]
Equipamento obsoleto
e/ou danificado
[causa]


Nº elevado de limpezas
[causa]
Elevado nº de mudanças de fabrico
[causa]
Elevado tempo despendido na limpeza do equipamento de micronização
[modo de falha]
Bastantes mudanças de cores escuras para claras e vice-versa
[causa]
Reduzido nº de operários
[causa]
Bastantes mudanças de tintas do tipo texturado para liso e vice-versa
[causa]
Elevado tempo de limpeza
[causa]

ANEXO 10

Tabelas do AMFE de processo

1 - EXTRUSÃO

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 1 Rows 1 through 7

Part or Process Name/No. Extrusao

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO. ST. CF. PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 06 30 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D. Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Extrusao .Homogeneizacao da pre-mistura	-Contaminacoes	-Crateras -Diferencas de cor	6		-Equipamento principal mal lavado .Extrusora	2	-Controle visual do operador -Supervisao do encarregado	4	48							
					.Doseador volumetrico .Alimentador da extrusora (ELS)	1	-Controle visual do operador -Supervisao do encarregado	4	24							
		-Pintas	6		.Banda de arrefecimento e rolos -Equipamento auxiliar mal lavado .Contentores -Ar ambiente contaminado .Limpeza dos moinhos .MPs da plataforma de pre-mistura	2	-Controle visual do operador -Supervisao do encarregado	4	48							
					.Externo ao fabrico das tintas em po	2	-Nao existe	10	120	-Nova localizacao das instalacoes	-Administracao (A determinar)					
					-Descuido dos operadores	2	-Supervisao do encarregado	8	96	-Melhorar a formacao dos operarios e a supervisao do encarregado	-Direccao tecnica (Fim do ano)					
	-Produto nao homogeneo	-Infusiveis	6		-Aquecimento exagerado do produto (Pre-polimerizacao do produto) .Erro do operador	1	-Verificacao contra a folha de registo da producao -Supervisao do encarregado	8	48							
					.Problemas com as unidades de aquec/arref ..Bombagem deficiente	3	-Verificacao	4	72							

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 2 Rows 8 through 14

Part or Process Name/No. Extrusao

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO. ST. CF. PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 06 30 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D. Sup.. Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Extrusao .Homogeneizacao da pre-mistura	-Produto nao homogeneo	-Infusiveis	6		..Envelhecimento da canalizacao	3	-Plano de manutencao -Verificacao	4	72							
					..Leituras desajustadas	1	-Plano de manutencao	5	30							
					..Obstrucao da canalizacao provocada pela ma qualidade da agua	3	-Nao existe	10	180	-Descalcificacao da agua -Controle bacteriologico da agua -Provetes de corrosao	-Direccao tecnica (Julho 1997)					
					.Falta de agua no tanque de pressao ..Sujidade da sonda	2	-Plano de manutencao -Verificacao	4	48							
					.Falta de agua no tanque principal ..Fuga de agua no circuito de arrefecimento	1	-Verificacao	4	24							
		-Crateras -Diferencas de cor e brilho	6		-Deficiente relacao entre as r.p.m. do doseador e da extrusora (deficiente dispersao do produto) .Leituras no doseador desajustadas	1	-Plano de manutencao	5	30							
					.Erro do operador	1	-Verificacao contra a folha de registo da producao -Supervisao do encarregado	8	48							

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 3 Rows 15 through 22

Part or Process Name/No. Extrusao

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO. ST. CF. PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 06 30 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D. Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev		Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Det	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Extrusao .Homogeneizacao da pre-mistura	-Produto nao homogeneo	-Crateras -Diferencas de cor e brilho	6		-Aquecimento exagerado do produto (deficiente dispersao do produto) .Erro do operador	1	-Verificacao contra a folha de registo da producao -Supervisao do encarregado	8	48							
					.Problemas com as unidades de aquec/arref ..Bombagem deficiente	3	-Verificacao	4	72							
					..Envelhecimento da canalizacao	3	-Plano de manutencao -Verificacao	4	72							
					..Leituras desajustadas	1	-Plano de manutencao	5	30							
					..Obstrucao da canalizacao provocada pela ma qualidade da agua	3	-Nao existe	10	180	-Descalcificacao da agua -Controle bacteriologico da agua -Provetes de corrosao	-Direccao tecnica (Julho 1997)					
					.Falta de agua no tanque de pressao ..Sujidade da sonda	2	-Plano de manutencao -Verificacao	4	48							
					.Falta de agua no tanque principal ..Fuga de agua no circuito de arrefecimento	1	-Verificacao	4	24							
					-Aquecimento insuficiente do produto (fraca fusao do ligante) .Erro do operador	1	-Verificacao contra a folha de registo da producao -Supervisao do encarregado	8	48							

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 4 Rows 23 through 30

Part or Process Name/No. Extrusao

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO. ST. CF. PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 06 30 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D. Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dtec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Extrusao .Homogeneizacao da pre-mistura	-Produto nao homogeneo	-Crateras -Diferencas de cor e brilho	6		.Problemas com as unidades de aquec/arref ..Leituras desajustadas	1	-Plano de manutencao	5	30							
					..Envelhecimento da canalizacao	3	-Plano de manutencao -Verificacao	4	72							
					..Obstrucao da canalizacao provocada pela ma qualidade da agua	3	-Nao existe	10	180	-Descalcificacao da agua -Controle bacteriologico da agua -Provetes de corrosao	-Direccao tecnica (Julho 1997)					
	-Colagem do filme a banda de arrefecimento e/ou aos rolos	-Picos de alfinete -Infusiveis	6		-Arrefecimento insuficiente do filme .Espessura do filme elevada ..Elevada distancia entre rolos	1	-Controle visual do operador -Supervisao do encarregado	3	18							
					.Avaria do Chiller	5	-Verificacao	3	90	-2 chillers	-Direccao tecnica (A determinar)					
					.Leituras no Chiller desajustadas	1	-Plano de manutencao	5	30							
	-Consumo energetico da extrusora inconstante	-Mau aspecto superficial com diferencas de cor e brilho -Micro-crateras	6		-Bloqueamento do equipamento	1	-Sistema de seguranca do equipamento	2	12							
					-Quebras de tensao	1	-Mostrador das condicoes de funcionamento do equipamento	2	12							

POTENTIAL

FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 5 Rows 31 through 38

Part or Process Name/No. Extrusao

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO. ST. CF. PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 06 30 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D. Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Extrusao .Homogeneizacao da pre-mistura	-Consumo energetico da extrusora inconstante	-Mau aspecto superficial com diferencas de cor e brilho -Micro-crateras	6		-Produto a entrada da extrusora fortemente heterogeneo .Estratificacao da pre-mistura no doseador devido a forca da gravidade	4	-Nao existe	10	240	-Reavaliacao dos tempos de descarga da pre-mistura da linha 1	-Supervisao (Imediata)					
					-Fluidizacao a entrada e na zona inicial da extrusora .Elevadas r.p.m. do alimentador da extrusora (ELS) ..Erro do operador	1	-Supervisao do encarregado	8	48							
					..Leituras desajustadas	1	-Plano de manutencao	5	30							
					.Existencia de particulas excessivamente pequenas	4	-Conhecimento a priori	6	144	-Reciclar o "chip" de produto	-Supervisao (Imediata)					
					-Deficiente relacao entre as r.p.m. do doseador e da extrusora .Erro do operador	2	-Verificacao contra a folha de registo da producao -Supervisao do encarregado	8	96	-Analise sistematica dos registadores de potencia (quase "on-line")	-Supervisao (Imediata)					
					.Leituras no doseador desajustadas	1	-Plano de manutencao	5	30							
					-Formacao de pontes na tremonha que antecede o doseador .Estrutura granulometrica da pre-mistura demasiadamente fina	2	-Conhecimento a priori	6	72							
					.Funcionamento deficiente do batedor	1	-Plano de manutencao -Verificacao	4	24							

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Part or Process Name/No. Extrusao

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CF, PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 06 30 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Extrusao .Homogeneizacao da pre-mistura	-Consumo energetico da extrusora inconstante	-Mau aspecto superficial com diferencas de cor e brilho -Micro-crateras	6		.Avaria do batedor	1	-Verificacao	4	24							
					.Humidade excessiva da pre-mistura	1	-Nao existe	10	60							
					.Existencia de compostos quimicos colantes na pre-mistura	1	-Conhecimento a priori do supervidor do I&D	7	42							
					-Deixar acabar o produto no doseador volumetrico .Descuido dos operadores	3	-Supervisao do encarregado	8	144	-Melhor qualificacao dos operadores do turno nocturno	-Direccao tecnica (Setembro 1997)					
	-Atrasos no processo de extrusao .Atrasos no inicio do fabrico	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Problemas com as unidades de aquec/arref .Obstrucao da canalizacao provocada pela ma qualidade da agua	3	-Nao existe	10	180	-Descalcificacao da agua -Controle bacteriologico da agua -Provetes de corrosao	-Direccao tecnica (Julho 1997)					
					.Envelhecimento da canalizacao .Envelhecimento das valvulas	3	-Plano de manutencao -Verificacao	4	72							
					.Mau funcionamento das valvulas provocado pela ma qualidade da agua	4	-Nao existe	10	240	-Descalcificacao da agua -Controle bacteriologico da agua -Provetes de corrosao	-Direccao tecnica (Julho 1997)					

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 7 Rows 46 through 50

Part or Process Name/No. Extrusao

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CF, PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 06 30 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev		Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Extrusao .Homogeneizacao da pre-mistura	-Atrasos no processo de extrusao .Atrasos no inicio do fabrico	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		.Avaria da bomba	4	-Verificacao	4	96	-Unidades de substituicao em maior numero	-Direccao tecnica (Aprovacao do proximo plano de investimento)					
					.Avaria das resistencias	5	-Verificacao	4	120	-Respeitar a temperatura maxima	-Supervisao (Imediata)					
		-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Reduzida velocidade de resposta do laboratorio de inspeccao final .Elevada burocracia .Reduzido numero de pessoas no laboratorio .Baixa qualificacao do pessoal .Faltas provocadas por: ..Doenca ..Ferias ..Nao justificadas .Equipamento desactualizado	1	-Responsavel pelo laboratorio de inspeccao final	4	24							
					.Baixo poder de decisao	2	-Responsavel pelo laboratorio de inspeccao final	4	48							
					.Falta de equipamento .Avarias no equipamento	3	-Responsavel pelo laboratorio de inspeccao final	4	72							

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Part or Process Name/No. Extrusao

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CF, FG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 06 30 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev		Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Extrusao .Homogeneizacao da pre-mistura	-Atrasos no processo de extrusao .Atrasos no inicio do fabrico	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		.Falta de espaco .Layout mal definido	4	-Responsavel pelo laboratorio de inspeccao final	4	96	-Novo laboratorio de inspeccao final com capacidade para suportar tantas cabines de pintura, pistolas e estufas, quantas as linhas de producao existentes	-Administracao (A determinar)						
		-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Falta de contentores .Numero reduzido de contentores	1	-Supervisao do encarregado	3	18								
					.Capacidade de extrusao do produto superior a de micronizacao do mesmo	2	-Supervisao do encarregado	4	48								
	.Elevado tempo despendido na limpeza das extrusoras	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Numero elevado de limpezas .Elevado numero de mudancas de fabrico	4	-Registos de producao -Supervisao do encarregado	4	96	-Nova instalacao com maior numero de linhas de producao, de diferentes capacidades, possibilitando, assim, uma afectacao da producao as varias linhas mais eficiente	-Administracao (A determinar)						
		-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Elevado tempo de limpeza .Reduzido numero de operarios	1	-Supervisao do encarregado	4	24								

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 9 Rows 56 through 63

Part or Process Name/No. Extrusao

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CF, PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 06 30 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Extrusao .Homogeneizacao da pre-mistura	.Elevado tempo despendido na limpeza das extrusoras	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		.Bastantes mudancas de cores escuras para claras e vice-versa .Bastantes mudancas de tintas do tipo texturado para liso e vice-versa	2	-Registos de producao -Supervisao do encarregado	4	48							
	.Paragem imprevista da extrusora	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Falha de corrente electrica	1	-Verificacao	1	6							
		-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Alimentacao da pre-mistura na extrusora em excesso .Leituras no doseador desajustadas	1	-Plano de manutencao	5	30							
					.Erro do operador	1	-Verificacao contra a folha de registo da producao -Supervisao do encarregado	8	48							
					-Obstrucao na extrusora .Entrada de objectos estranhos que danificam gravemente a extrusora	1	-Nao existe	10	60							
					.Aquecimento exagerado do produto na extrusora (pre-polimerizacao excessiva do produto) ..Erro do operador	1	-Verificacao contra a folha de registo da producao -Supervisao do encarregado	8	48							
					..Problemas com as unidades de aquec/arref ...Leituras desajustadas	1	-Plano de manutencao	5	30							
					...Bombagem deficiente	1	-Verificacao	4	24							

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 10 Rows 64 through 71

Part or Process Name/No. Extrusao

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO. ST. CF. PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 06 30 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D. Sup.. Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Extrusao .Homogeneizacao da pre-mistura	.Paragem imprevista da extrusora	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		...Envelhecimento da canalizacao	1	-Plano de manutencao -Verificacao	4	24							
					...Obstrucao da canalizacao provocada pela ma qualidade da agua	1	-Nao existe	10	60							
					..Falta de agua no tanque de pressao ...Sujidade na sonda	1	-Plano de manutencao -Verificacao	4	24							
					..Falta de agua no tanque principal ...Fuga de agua no circuito de arrefecimento	1	-Verificacao	4	24							
		-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Descuido dos operadores	1	-Supervisao do encarregado	8	48							
	.Problemas com o equipamento, uma vez iniciado o fabrico	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Equipamento principal obsoleto e/ou danificado	1	-Supervisao do encarregado	4	24							
		-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Avarias no equipamento	3	-Supervisao do encarregado	3	54							
		-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Falta de contentores .Numero reduzido de contentores	1	-Supervisao do encarregado	3	18							

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 11 Rows 72 through 78

Part or Process Name/No. Extrusao

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO. ST. CF. PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 06 30 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D. Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dtec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Extrusao .Homogeneizacao da pre-mistura	.Problemas com o equipamento, uma vez iniciado o fabrico	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		.Capacidade de extrusao do produto superior a de micronizacao do mesmo	2	-Supervisao do encarregado	4	48							
	.Problemas com os operarios	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Baixo poder de decisao	3	-Supervisao do encarregado	4	72							
		-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Baixa qualificacao dos operarios -Erros dos operarios -Faltas procovadas por: .Doenca	2	-Supervisao do encarregado	4	48							
		-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		.Ferias .Nao justificadas -Reduzido numero de operarios -Insubordinacao	1	-Supervisao do encarregado	4	24							
	.Problemas relacionados com o Layout, ao nivel do processo de extrusao	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Falta de espaco	2	-Supervisao do encarregado	4	48							
		-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Layout mal definido	1	-Supervisao do encarregado	4	24							
					-Reduzido numero de linhas de producao	5	-Supervisao tecnica	4	120	-Nova instalacao	-Administracao (A determinar)					

2 - PESAGEM

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 1 Rows 1 through 8

Part or Process Name/No. Pesagem

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO. ST. CF. PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 02 (Rev.) 97 07 17

Other Areas Involved I&D. Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dtec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Pesagem .Separacao das materias-primas nas quantidades especificadas pela formulacao do produto	-Resina poliester em excesso	-Deficientes propriedades mecanicas -Alteracao de brilho -Alteracao de cor	6		-Leituras na balanca desajustadas	1	-Plano de calibracao	4	24							
					-Erro no peso dos sacos de materias-primas	1	-Verificacao aleatoria	8	48							
					-Descuido do operador	3	-Supervisao do encarregado	7	126	-Mais automatizacao	-Administracao (A determinar)					
					-Erro na formulacao da ordem de fabrico .Erro na introducao da formulacao para o computador	2	-Responsavel pela introducao da formulacao no computador	9	108	-Melhorar o rigor do processo -Mais responsabilidade	-I&D (Imediata)					
	-Resina poliester em falta	-Deficientes propriedades mecanicas -Alteracao de brilho -Alteracao de cor	6		-Leituras na balanca desajustadas	1	-Plano de calibracao	4	24							
					-Erro no peso dos sacos de materias-primas	1	-Verificacao aleatoria	8	48							
					-Descuido do operador	3	-Supervisao do encarregado	7	126	-Mais automatizacao	-Administracao (A determinar)					
					-Erro na formulacao da ordem de fabrico .Erro na introducao da formulacao para o computador	2	-Responsavel pela introducao da formulacao no computador	9	108	-Melhorar o rigor do processo -Mais responsabilidade	-I&D (Imediata)					

E & MS
88 SEP 1835A (REVISED)

File Name: Megadur-Pesagem

printed on 1997 07 21 at 2:22:47 PM

Produced by FMEAplus™ Version 2.0

NOTE: Reference - Potential Failure Mode and Effects Analysis Instruction Manual (Form No. 1696)
Licensed from Ford Motor Company Engineering Staff

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 2 Rows 9 through 16

Part or Process Name/No. Pesagem

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CF, PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 02 (Rev.) 97 07 17

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Pesagem .Separacao das materias-primas nas quantidades especificadas pela formulacao do produto	-Resina epoxi em excesso	-Deficientes propriedades mecanicas -Alteracao de brilho -Alteracao de cor	6		-Leituras na balanca desajustadas	1	-Plano de calibracao	4	24							
					-Erro no peso dos sacos de materias-primas	1	-Verificacao aleatoria	8	48							
					-Descuido do operador	3	-Supervisao do encarregado	7	126	-Mais automatizacao	-Administracao (A determinar)					
					-Erro na formulacao da ordem de fabrico .Erro na introducao da formulacao para o computador	2	-Responsavel pela introducao da formulacao no computador	9	108	-Melhorar o rigor do processo -Mais responsabilidade	-I&D (Imediata)					
	-Resina epoxi em falta	-Deficientes propriedades mecanicas -Alteracao de brilho -Alteracao de cor	6		-Leituras na balanca desajustadas	1	-Plano de calibracao	4	24							
					-Erro no peso dos sacos de materias-primas	1	-Verificacao aleatoria	8	48							
					-Descuido do operador	3	-Supervisao do encarregado	7	126	-Mais automatizacao	-Administracao (A determinar)					
					-Erro na formulacao da ordem de fabrico .Erro na introducao da formulacao para o computador	2	-Responsavel pela introducao da formulacao no computador	9	108	-Melhorar o rigor do processo -Mais responsabilidade	-I&D (Imediata)					

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 3 Rows 17 through 24

Part or Process Name/No. Pesagem

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CF, PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 02 (Rev.) 97 07 17

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev		Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Pesagem .Separacao das materias-primas nas quantidades especificadas pela formulacao do produto	-Endurecedor em excesso	-Deficientes propriedades mecanicas -Mau aspecto superficial	6		-Leituras na balanca desajustadas	2	-Plano de calibracao	4	48							
					-Erro no peso dos sacos de materias-primas	1	-Verificacao aleatoria	8	48							
					-Descuido do operador	3	-Supervisao do encarregado	7	126	-Mais automatizacao	-Administracao (A determinar)					
					-Erro na formulacao da ordem de fabrico .Erro na introducao da formulacao para o computador	2	-Responsavel pela introducao da formulacao no computador	9	108	-Melhorar o rigor do processo -Mais responsabilidade	-I&D (Imediata)					
	-Endurecedor em falta	-Deficientes propriedades mecanicas -Mau aspecto superficial	6		-Leituras na balanca desajustadas	2	-Plano de calibracao	4	48							
					-Erro no peso dos sacos de materias-primas	1	-Verificacao aleatoria	8	48							
					-Descuido do operador	3	-Supervisao do encarregado	7	126	-Mais automatizacao	-Administracao (A determinar)					
					-Erro na formulacao da ordem de fabrico .Erro na introducao da formulacao para o computador	2	-Responsavel pela introducao da formulacao no computador	9	108	-Melhorar o rigor do processo -Mais responsabilidade	-I&D (Imediata)					

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Part or Process Name/No. Pesagem

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO. ST. CF. PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 02 (Rev.) 97 07 17

Other Areas Involved I&D. Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Pesagem .Separacao das materias-primas nas quantidades especificadas pela formulacao do produto	-Pigmento em excesso	-Deficientes propriedades mecanicas -Mau aspecto superficial -Alteracao de cor	6		-Leituras na balanca desajustadas	2	-Plano de calibracao	4	48							
					-Erro no peso dos sacos de materias-primas	1	-Verificacao aleatoria	8	48							
					-Descuido do operador	3	-Supervisao do encarregado	7	126	-Mais automatizacao	-Administracao (A determinar)					
					-Erro na formulacao da ordem de fabrico .Erro na introducao da formulacao para o computador	2	-Responsavel pela introducao da formulacao no computador	9	108	-Melhorar o rigor do processo -Mais responsabilidade	-I&D (Imediata)					
	-Pigmento em falta	-Mau aspecto superficial -Ma cobertura -Alteracao de cor	6		-Leituras na balanca desajustadas	2	-Plano de calibracao	4	48							
					-Erro no peso dos sacos de materias-primas	1	-Verificacao aleatoria	8	48							
					-Descuido do operador	3	-Supervisao do encarregado	7	126	-Mais automatizacao	-Administracao (A determinar)					
					-Erro na formulacao da ordem de fabrico .Erro na introducao da formulacao para o computador	2	-Responsavel pela introducao da formulacao no computador	9	108	-Melhorar o rigor do processo -Mais responsabilidade	-I&D (Imediata)					
	-Agente do flow em falta	-Crateras -Mau aspecto superficial	6		-Leituras na balanca desajustadas	2	-Plano de calibracao	4	48							

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 5 Rows 34 through 42

Part or Process Name/No. Pesagem

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CF, PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 02 (Rev.) 97 07 17

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Pesagem .Separacao das materias-primas nas quantidades especificadas pela formulacao do produto	-Agente do flow em falta	-Crateras -Mau aspecto superficial	6		-Erro no peso dos sacos de materias-primas	1	-Verificacao aleatoria	8	48							
					-Descuido do operador	3	-Supervisao do encarregado	7	126	-Mais automatizacao	-Administracao (A determinar)					
					-Erro na formulacao da ordem de fabrico .Erro na introducao da formulacao para o computador	2	-Responsavel pela introducao da formulacao no computador	9	108	-Melhorar o rigor do processo -Mais responsabilidade	-I&D (Imediata)					
	-Benzoina em excesso	-Amarelecimento	3		-Leituras na balanca desajustadas	2	-Plano de calibracao	4	24							
					-Erro no peso dos sacos de materias-primas	1	-Verificacao aleatoria	8	24							
					-Descuido do operador	3	-Supervisao do encarregado	7	63							
					-Erro na formulacao da ordem de fabrico .Erro na introducao da formulacao para o computador	2	-Responsavel pela introducao da formulacao no computador	9	54							
	-Benzoina em falta	-Mau aspecto superficial -Picos de alfinete	6		-Leituras na balanca desajustadas	2	-Plano de calibracao	4	48							
					-Erro no peso dos sacos de materias-primas	1	-Verificacao aleatoria	8	48							

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 6 Rows 43 through 48

Part or Process Name/No. Pesagem

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CF, PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 02 (Rev.) 97 07 17

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev		Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Pesagem .Separacao das materias-primas nas quantidades especificadas pela formulacao do produto	-Benzoina em falta	-Mau aspecto superficial -Picos de alfinete	6		-Descuido do operador	3	-Supervisao do encarregado	7	126	-Mais automatizacao	-Administracao (A determinar)					
					-Erro na formulacao da ordem de fabrico .Erro na introducao da formulacao para o computador	2	-Responsavel pela introducao da formulacao no computador	9	108	-Melhorar o rigor do processo -Mais responsabilidade	-I&D (Imediata)					
	-Atrasos no processo de pesagem .Problemas com o equipamento	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Equipamento de pesagem obsoleto e/ou danificado	1	-Supervisao do encarregado	4	24							
					-Falta de equipamento	1	-Supervisao do encarregado	3	18							
					-Avarias no equipamento	2	-Supervisao do encarregado	3	36							
	.Problemas com os operarios	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Baixo poder de decisao -Erros dos operarios -Baixa qualificacao dos operarios	2	-Supervisao do encarregado	4	48							

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Part or Process Name/No. Pesagem

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO. ST. CF. PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 02 (Rev.) 97 07 17

Other Areas Involved I&D. Sup.. Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dtec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Pesagem .Separacao das materias-primas nas quantidades especificadas pela formulacao do produto	.Problemas com os operarios	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Reduzido numero de operarios -Faltas do pessoal operario .Doenca .Ferias .Faltas nao justificadas -Insubordinacao	1	-Supervisao do encarregado	4	24							
	.Problemas relacionados com o Layout, ao nivel do processo de pesagem	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Layout mal definido	1	-Supervisao do encarregado	4	24							
					-Falta de espaco	2	-Supervisao do encarregado	4	48							
					-Reduzido numero de linhas de producao	5	-Supervisao tecnica	4	120	-Nova instalacao	-Administracao (A determinar)					

3 - PRÉ-MISTURA

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 1 Rows 1 through 11

Part or Process Name/No. Pre-mistura

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CF, PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 01 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dtec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Pre-mistura .Mistura das materias-primas	-Contaminacoes	-Diferencas de cor -Crateras	6		-Equipamento mal lavado	1	-Controle visual do operador -Supervisao do encarregado	4	24							
					-Descuido do operadores	1	-Supervisao do encarregado	8	48							
					-Ar ambiente contaminado .Limpeza dos moinhos	1	-Controle visual do operador -Supervisao do encarregado	4	24							
		-Crateras	6		.Externo ao fabrico das tintas em po	1	-Nao existe	10	60							
	-Ordem de introducao das materias-primas incorrecta	-Diferencas de cor -Crateras	6		-Erro do operador .Descuido	2	-Supervisao do encarregado	8	96	-Automatizar a colocaco das materias-primas no misturador	-Administracao (A determinar)					
					-Erro na ordem de fabrico .Erro na introducao dos dados para o computador	1	-Responsavel pela introducao dos dados no computador	9	54							
	-Pregelificacao	-Infusiveis	6		-Tempo de mistura a mais .Erro do operador	1	-Supervisao do encarregado	8	48							
					.Avaria no temporizador	2	-Plano de manutencao -Verificacao	5	60							
					.Erro na ordem de fabrico ..Erro na introducao dos dados para o computador	1	-Responsavel pela introducao dos dados no computador	9	54							
	-Ma homogeneizacao	-Diferencas de cor -Crateras	6		-Tempo de mistura a menos .Erro do operador	1	-Supervisao do encarregado	8	48							
					.Avaria no temporizador	2	-Plano de manutencao -Verificacao	5	60							

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 2 Rows 12 through 17

Part or Process Name/No. Pre-mistura

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CE, PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 01 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dtec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Pre-mistura .Mistura das materias-primas	-Ma homogeneizacao	-Diferencas de cor -Crateras	6		.Erro na ordem de fabrico ..Erro na introducao dos dados para o computador	1	-Responsavel pela introducao dos dados no computador	9	54							
					-Velocidade de mistura a menos .Erro do operador	1	-Supervisao do encarregado	8	48							
					.Avaria do equipamento	2	-Plano de manutencao -Verificacao	5	60							
					.Erro na ordem de fabrico ..Erro na introducao dos dados para o computador	1	-Responsavel pela introducao dos dados no computador	9	54							
	-Atrasos no processo de pre-mistura .Elevado tempo despendido na limpeza do equipamento (Diosna e Iprocomsa)	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Numero elevado de limpezas .Elevado numero de mudancas de fabrico	4	-Registos de producao -Supervisao do encarregado	4	96	-Nova instalacao com maior numero de linhas de producao, com diferentes capacidades, possibilitando, assim, uma afectacao da producao as varias linhas mais eficiente	-Administracao (A determinar)					
					-Elevado tempo de limpeza .Reduzido numero de operarios	1	-Supervisao do encarregado	4	24							

E & MS
88 SEP 1835A (REVISED)

File Name: Megadur-Pre-mistura

printed on 1997 07 21 at 2:46:42 PM

Produced by FMEAplus™ Version 2.0

NOTE: Reference - Potential Failure Mode and Effects Analysis Instruction Manual (Form No. 1696)
Licensed from Ford Motor Company Engineering Staff

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 3 Rows 18 through 23

Part or Process Name/No. Pre-mistura

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO. ST. CF. PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 01 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D. Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Pre-mistura .Mistura das materias-primas	-Atrasos no processo de pre-mistura .Elevado tempo despendido na limpeza do equipamento (Diosna e Iprocomsa)	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		.Bastantes mudancas de cores escuras para claras e vice-versa .Bastantes mudancas de tintas do tipo texturado para liso e vice-versa	2	-Registos de producao -Supervisao do encarregado	4	48							
	.Problemas com o equipamento	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Equipamento obsoleto e/ou danificado	1	-Supervisao do encarregado	4	24							
					-Avarias no equipamento	1	-Supervisao do encarregado	3	18							
	.Problemas com os operarios	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Baixo poder de decisao	3	-Supervisao do encarregado	4	72							
					-Erros dos operarios -Baixa qualificacao dos operarios	2	-Supervisao do encarregado	4	48							
					-Reduzido numero de operarios -Insubordinacao -Faltas do pessoal operario .Doenca .Ferias .Faltas nao justificadas	1	-Supervisao do encarregado	4	24							

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 4 Rows 24 through 26

Part or Process Name/No. Pre-mistura

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CF, PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 01 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Pre-mistura .Mistura das materias-primas	.Problemas relacionados com o Layout, ao nivel do processo de pre-mistura	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Layout mal definido	1	-Supervisao do encarregado	4	24							
					-Falta de espaco	2	-Supervisao do encarregado	4	48							
					-Reduzido numero de linhas de producao	5	-Supervisao tecnica	4	120	-Nova instalacao	-Administracao (A determinar)					

E & MS
88 SEP 1835A (REVISED)
File Name: Megadur-Pre-mistura

printed on 1997 07 21 at 2:46:42 PM

Produced by FMEAplus™ Version 2.0

NOTE: Reference - Potential Failure Mode and Effects Analysis Instruction Manual (Form No. 1696)
Licensed from Ford Motor Company Engineering Staff

4 - MICRONIZAÇÃO

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 1 Rows 1 through 10

Part or Process Name/No. Micronizacao e Enchimento

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO. ST. CF. PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 02 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev		Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Micronizacao e Enchimento .Esmagamento do produto, transformando-o em po e seu embalamento	-Contaminacao	-Pintas -Crateras	6		-Equipamento mal lavado	3	-Controle visual do operador -Supervisao do encarregado	4	72							
					-Embalagens contaminadas	1	-Controle visual do operador -Supervisao do encarregado	4	24							
					-Descuido dos operadores	1	-Supervisao do encarregado	8	48							
					-Ar ambiente contaminado .Limpeza dos moinhos	2	-Controle visual do operador -Supervisao do encarregado	4	48							
					.Externo ao fabrico das tintas em po	1	-Nao existe	10	60							
					-Ar responsavel pelo transporte do produto contaminado .Entradas externas de ar contaminadas	2	-Nao existe	10	120	-Nona localizacao das instalacoes	-Administracao (A determinar)					
	-Pre-polimerizacao	-Infusiveis	6		-Temperatura do ar elevada .Descuido do operador	1	-Registos de producao -Supervisao do encarregado	6	36							
					.Avaria no permutador	2	-Verificacao	3	36							
					.Leituras no Chiller desajustadas	1	-Plano de manutencao	5	30							
					.Avaria no Chiller	5	-Verificacao	3	90	-2 chillers	-Direccao tecnica (A determinar)					

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Part or Process Name/No. Micronizacao e Enchimento

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO. ST. CF. PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 02 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D. Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Micronizacao e Enchimento .Esmagamento do produto, transformando-o em po e seu embalamento	-Produto com muitos finos (<10E-06 m)	-Menor eficiencia electrostatica	3		-Velocidade do separador elevada .Erro do operador	1	-Registos de producao -Supervisao do encarregado	8	24							
					.Leituras das r.p.m. do separador desajustadas	3	-Plano de manutencao	5	45							
					-Caudal de ar reduzido .Erro do operador	1	-Registos de producao -Supervisao do encarregado	8	24							
					.Leituras do caudal de ar desajustadas	1	-Plano de manutencao	5	15							
					.Filtros muito compactos	3	-Manometro	4	36							
					.Deficiente funcionamento do ventilador	1	-Plano de manutencao -Verificacao	4	12							
	-Produto com muitos grossos (>100E-06 m)	-Maior casca de laranja	5		-Velocidade do separador reduzida .Erro do operador	1	-Registos de producao -Supervisao do encarregado	8	40							
					.Leituras das r.p.m. do separador desajustadas	3	-Plano de manutencao	5	75							
					-Caudal de ar elevado .Erro do operador	1	-Registos de producao -Supervisao do encarregado	8	40							
					.Leituras do caudal de ar desajustadas	1	-Plano de manutencao	5	25							

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Part or Process Name/No. Micronizacao e Enchimento

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CF, PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 02 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Micronizacao e Enchimento .Esmagamento do produto, transformando-o em po e seu embalamento	-Produto com muitos grossos ()100E-06 m)	-Maior casca de laranja	5		-Rotura da tela dos peneiros .Fadiga do material	2	-Supervisao do encarregado	8	80	-Estudar a possibilidade de se utilizar uma tela mais robusta	-Direccao tecnica (Fim do ano)					
					.Defeito da tela (origem)	1	-Controle visual do operador -Supervisao do encarregado	5	25							
	-Granulometrias nao constantes ao longo do fabrico	-Aspecto superficial nao constante	5		-Velocidade do separador nao constante .Falha mecanica	2	-Verificacao	3	30							
	-Peso a menos na caixa	-O cliente nao recebe a quantidade devida de produto	10		-Leituras na balanca desajustadas	1	-Plano de manutencao	5	50							
				▽	-Erro do operador	2	-Supervisao do encarregado	8	160	-Enchimento automatico	-Administracao (A determinar)					
	-Troca de embalagens	-Fornecimento de produto errado ao cliente	9		-Erro do operador	1	-Verificacao do rotulo das embalagens contra a folha de fabrico -Supervisao no enchimento	6	54							
	-Atrasos na operacao de micronizacao e enchimento .Problemas com os operarios	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Baixo poder de decisao -Erros dos operarios -Baixa qualificacao dos operarios	2	-Supervisao do encarregado	4	48							

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 4 Rows 28 through 34

Part or Process Name/No. Micronizacao e Enchimento

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO. ST. CF. PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 02 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D. Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Micronizacao e Enchimento .Esmagamento do produto, transformando-o em po e seu embalamento	-Atrasos na operacao de micronizacao e enchimento .Problemas com os operarios	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Reduzido numero de operarios -Insubordinacao -Faltas do pessoal operario .Doenca .Ferias .Faltas nao justificadas	1	-Supervisao do encarregado	4	24							
	.Problemas relacionados com o Layout, ao nivel do processo micronizacao e enchimento	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Layout mal definido	1	-Supervisao do encarregado	4	24							
					-Falta de espaco	2	-Supervisao do encarregado	4	48							
					-Reduzido numero de linhas de producao	5	-Supervisao tecnica	4	120	-Nova instalacao	-Administracao (A determinar)					
	.Problemas com o equipamento	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Equipamento obsoleto e/ou danificado	1	-Supervisao do encarregado	4	24							
					-Avaria dos moinhos	2	-Supervisao do encarregado	3	36							
					-Falta de equipamento (inclui embalagens, paletes, fita adesiva e fita envolvente das paletes)	1	-Supervisao do encarregado	3	18							

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (PROCESS FMEA)

Company Name: CIN

Page 5 Rows 35 through 37

Part or Process Name/No. Micronizacao e Enchimento

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CF, PG

Design/Mfg. Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 02 (Rev.) 97 07 11

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Key Production Date

Process Description / Process Purpose	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Current Controls	Dtec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-Micronizacao e Enchimento .Esmagamento do produto, transformando-o em po e seu embalamento	.Elevado tempo despendido na limpeza do equipamento de micronizacao	-Incumprimento dos prazos de entrega -Aumento do custo do produto	6		-Numero elevado de limpezas .Elevado numero de mudancas de fabrico	4	-Registos de producao -Supervisao do encarregado	4	96	-Nova instalacao com maior numero de linhas de producao, de diferentes capacidades, possibilitando, assim, uma afectacao da producao as varias linhas mais eficiente	-Administracao (A determinar)					
					-Elevado tempo de limpeza .Reduzido numero de operarios	1	-Supervisao do encarregado	4	24							
					.Bastantes mudancas de cores escuras para claras e vice-versa .Bastantes mudancas de tintas do tipo texturado para liso e vice-versa	2	-Registos de producao -Supervisao do encarregado	4	48							

ANEXO 11

Tabelas do AMFE de concepção - 723309005

1ª ABORDAGEM

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (DESIGN FMEA)

Company Name: CIN

Page 1 Rows 1 through 9

Subsystem/Name 723309005

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO. ST. CF. PG

Design Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 17 (Rev.) 97 07 21

Other Areas Involved I&D. Sup., Dir.

Engineering Release Date

Part Name & Number / Part Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Design Verification	Dtec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-723309005 .Utilizado para acabamentos decorativos de interiores, garantindo uma boa resistencia mecanica	-Deficiente eficiencia na aplicacao electrostatica	-Variacao exagerada de espessura na superficie pintada -Aspecto deficiente (crateras e casca de laranja) -Maior tendencia de queda do produto -Deficiente aplicacao em zonas de facil acesso	6		-Distribuicao granulometrica com elevada percentagem de finos (< 10E-06m)	2	-Plano de controle	3	36							
					-PVC da tinta elevada	2	-Supervisao tecnica	4	48							
					-Baixa resistividade	2	-Nao existe	10	120	-Implementar controle de resistividade	-Supervisao do I&D (Setembro 1997)					
					-Ma seleccao da carga	1	-Conhecimento a priori do supervisor do I&D	4	24							
		-Aumento do consumo do produto	5		-Distribuicao granulometrica com elevada percentagem de finos (< 10E-06m)	2	-Plano de controle	3	30							
					-PVC da tinta elevada	2	-Supervisao tecnica	4	40							
					-Baixa resistividade	2	-Nao existe	10	100	-Impelmentar controle de resistividade	-Supervisao do I&D (Setembro 1997)					
					-Ma seleccao da carga	1	-Conhecimento a priori do supervisor do I&D	4	20							
		-Necessidade de trabalhar com tensoes no gerador mais elevadas	3		-Distribuicao granulometrica com elevada percentagem de finos (< 10E-06m)	2	-Plano de controle	3	18							

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (DESIGN FMEA)

Company Name: CIN

Page 2 Rows 10 through 18

Subsystem/Name 723309005

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO. ST. CF. PG

Design Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 17 (Rev.) 97 07 21

Other Areas Involved I&D. Sup., Dir.

Engineering Release Date

Part Name & Number / Part Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Design Verification	Dec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-723309005 .Utilizado para acabamentos decorativos de interiores, garantindo uma boa resistencia mecanica	-Deficiente eficiencia na aplicacao electrostatica	-Necessidade de trabalhar com tensoes no gerador mais elevadas	3		-PVC da tinta elevada	2	-Supervisao tecnica	4	24							
					-Baixa resistividade	2	-Nao existe	10	60							
					-Ma seleccao da carga	1	-Conhecimento a priori do supervisor do I&D	4	12							
	-Cor do produto, enquanto po, diferente da sua cor apos aplicacao	-Reduzida produtividade na pintura de pecas complexas	6		-Deficiente relacao entre a carga e o pigmento preto	1	-Conhecimento a priori do supervisor do I&D	4	24							
					-Ma seleccao do pigmento	1	-Conhecimento a priori do supervisor do I&D	4	24							
					-Ma seleccao da carga	1	-Conhecimento a priori do supervisor do I&D	4	24							
		-Desconfianca do aplicador perante o produto, devido as diferencas de cor do produto enquanto po e depois de aplicado	5		-Deficiente relacao entre a carga e o pigmento preto	1	-Conhecimento a priori do supervisor do I&D	4	20							
					-Ma seleccao do pigmento	1	-Conhecimento a priori do supervisor do I&D	4	20							
					-Ma seleccao da carga	1	-Conhecimento a priori do supervisor do I&D	4	20							

2ª ABORDAGEM

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (DESIGN FMEA)

Company Name: CIN

Page 1 Rows 1 through 7

Subsystem/Name 723309005

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CF, PG

Design Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 17 (Rev.) 97 07 21

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Part Name & Number / Part Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev		Potential Cause(s) of Failure	Occur	Design Verification	Dtec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-723309005 .Utilizado para acabamentos decorativos de interiores, garantindo uma boa resistencia mecanica	-Deficiente eficiencia na aplicacao electrostatica	-Variacao exagerada de espessura na superficie pintada -Aspecto deficiente (crateras e casca de laranja) -Maior tendencia de queda do produto -Deficiente aplicacao em zonas de facil acesso	6		-Distribuicao granulometrica com elevada percentagem de finos (< 10E-06m)	9	-Plano de controle	3	162	-Corrigir a curva granulometrica	-Producao & Laboratorio de controle	-Redefinicao dos parametros de funcionamento do equipamento	6	5	3	90
					-PVC da tinta elevada	7	-Supervisao tecnica	4	168	-Reduzir o PVC	-Supervisao do I&D	-Reducao da percentagem de carga na formulacao	6	5	4	120
					-Baixa resistividade	9	-Nao existe	10	540	-Implementar controle de resistividade	-Supervisao do I&D					
		-Aumento do consumo do produto	5		-Distribuicao granulometrica com elevada percentagem de finos (< 10E-06m)	9	-Plano de controle	3	135	-Corrigir a curva granulometrica	-Producao & Laboratorio de controle	-Redefinicao dos parametros de funcionamento do equipamento	5	5	3	75
					-PVC da tinta elevada	7	-Supervisao tecnica	4	140	-Reduzir o PVC	-Supervisao do I&D	-Reducao da percentagem de carga na formulacao	5	5	4	100
					-Baixa resistividade	9	-Nao existe	10	450	-Impelmentar controle de resistividade	-Supervisao do I&D					
		-Necessidade da trabalhar com tensoes no gerador mais elevadas	3		-Distribuicao granulometrica com elevada percentagem de finos (< 10E-06m)	9	-Plano de controle	3	81	-Corrigir a curva granulometrica	-Producao & Laboratorio de controle	-Redefinicao dos parametros de funcionamento do equipamento	3	5	3	45

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (DESIGN FMEA)

Company Name: CIN

Page 2 Rows 8 through 14

Subsystem/Name 723309005

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CF, PG

Design Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 17 (Rev.) 97 07 21

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Part Name & Number / Part Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev		Potential Cause(s) of Failure	Occur	Design Verification	Detec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-723309005 .Utilizado para acabamentos decorativos de interiores, garantindo uma boa resistencia mecanica	-Deficiente eficiencia na aplicacao electrostatica	-Necessidade da trabalhar com tensoes no gerador mais elevadas	3		-PVC da tinta elevada	7	-Supervisao tecnica	4	84	-Reduzir o PVC	-Supervisao do I&D	-Reducao da percentagem de carga na formulacao	3	5	4	60
					-Baixa resistividade	9	-Nao existe	10	270	-Implementar controle de resistividade	-Supervisao do I&D					
	-Cor do produto, enquanto po, diferente da sua cor apos aplicacao	-Reduzida produtividade na pintura de pecas complexas	6		-Deficiente relacao entre a carga e o pigmento preto	8	-Conhecimento a priori do supervisor do I&D	8	384	-Alterar a relacao carga/pigm. preto	-Supervisao do I&D	-Aumento da quantidade de pigmento preto na formulacao	6	1	4	24
					-Ma seleccao do pigmento preto	8	-Conhecimento a priori do supervisor do I&D	8	384	-Melhorar o conhecimento dos pigmentos pretos	-Supervisao do I&D	-Avaliacao de novos pigmentos pretos	6	1	4	24
					-Ma seleccao da carga	8	-Conhecimento a priori do supervisor do I&D	8	384	-Melhorar o conhecimento das cargas	-Supervisao do I&D	-Avaliacao de novas cargas	6	1	4	24
		-Desconfianca do aplicador perante o produto, devido as diferencas de cor do mesmo enquanto po e depois de aplicado	5		-Deficiente relacao entre a carga e o pigmento preto	8	-Conhecimento a priori do supervisor do I&D	8	320	-Alterar a relacao carga/pigm. preto	-Supervisao do I&D	-Aumento da quantidade de pigmento preto na formulacao	5	1	4	20
					-Ma seleccao do pigmento	8	-Conhecimento a priori do supervisor do I&D	8	320	-Melhorar o conhecimento dos pigmentos pretos	-Supervisao do I&D	-Avaliacao de novos pigmentos pretos	5	1	4	20

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (DESIGN FMEA)

Company Name: CIN

Page 3 Rows 15 through 15

Subsystem/Name 723309005

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CF, PG

Design Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 17 (Rev.) 97 07 21

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Part Name & Number / Part Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Design Verification	Dec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-723309005 .Utilizado para acabamentos decorativos de interiores, garantindo uma boa resistencia mecanica	-Cor do produto, enquanto po, diferente da sua cor apos aplicacao	-Desconfianca do aplicador perante o produto, devido as diferencas de cor do mesmo enquanto po e depois de aplicado	5		-Ma seleccao de carga	8	-Conhecimento a priori do supervisor do I&D	8	320	-Melhorar o conhecimento das cargas	-Supervisao do I&D	-Avaliacao de novas cargas	5	1	4	20

E & MS
88 SEP 1695 (REVISED)

File Name: 723309005 - V1

printed on 1997 07 21 at 3:04:27 PM

Produced by FMEAplus™ Version 2.0

NOTE: Reference - Potential Failure Mode and Effects Analysis Instruction Manual (Form No. 1696)
Licensed from Ford Motor Company Engineering Staff

ANEXO 12

Tabelas do AMFE de concepção - 723107205

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (DESIGN FMEA)

Company Name: CIN

Page 1 Rows 1 through 5

Subsystem/Name 723107205

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO, ST, CF, PG

Design Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 17 (Rev.) 97 07 17

Other Areas Involved I&D, Sup., Dir.

Engineering Release Date

Part Name & Number / Part Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Design Verification	Dtec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-723107205 .Utilizado para acabamentos decorativos de interiores, garantindo uma boa resistencia mecanica	-Necessidade de correccao sistematica de cor	-Atrasos no "planning" de fabricacao -Aumento do desvio, custo padrao vs custo real	6		-Variacao na forca corante do pigmento vermelho, DOR59	2	-Nao existe	10	120	-Discutir com o fornecedor a possibilidade de reducao do intervalo da forca corante do pigmento DOR59, contida no boletim tecnico, de acordo com as necessidades da empresa	-Direccao tecnica (Setembro 1997)						
					-Deficiente homogeneizacao do/s pigmento/s na pre-mistura .Utilizacao de pequena/s quantidade/s de pigmento/s individualmente	2	-Responsavel pelo I&D	3	36							
					-Reproducao nao fiel das experiencias laboratoriais para a producao ("scale-up") .Existencia de pigmento/s bastante sensiveis a desvios no processo	3	-Responsavel pelo I&D	5	90	-Melhorar o conhecimento sobre os pigmentos vermelhos	-Supervisao do I&D (Setembro 1997)					
					-Interferencia entre ingredientes	2	-Responsavel pelo I&D	4	48							
		-Aumento do CMP (custo das Mps) da formulacao -Maior diferenca de cor de fabrico para fabrico	2		-Variacao na forca corante do pigmento vermelho, DOR59	2	-Nao existe	10	40							

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (DESIGN FMEA)

Company Name: CIN

Page 2 Rows 6 through 8

Subsystem/Name 723107205

Suppliers and Plants Affected

Prepared By NO. ST. CF. PG

Design Responsibility Producao

Model Year/Vehicle(s)

FMEA Date (Orig.) 97 07 17 (Rev.) 97 07 17

Other Areas Involved I&D. Sup.. Dir.

Engineering Release Date

Part Name & Number / Part Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Sev	▽	Potential Cause(s) of Failure	Occur	Design Verification	Dec	R.P.N.	Recommended Action(s)	Area/Individual Responsible & Completion Date	Action Results: Actions Taken	Sev	Occ	Det	R.P.N.
-723107205 .Utilizado para acabamentos decorativos de interiores, garantindo uma boa resistencia mecanica	-Necessidade de correccao sistematica de cor	-Aumento do CMP (custo das Mps) da formulacao -Maior diferenca de cor de fabrico para fabrico	2		-Deficiente homogeneizacao do/s pigmento/s na pre-mistura .Utilizacao de pequena/s quantidade/s de pigmento/s individualmente	2	-Responsavel pelo I&D	3	12							
					-Reproducao nao fiel das experiencias laboratoriais para a producao ("scale-up") .Existencia de pigmento/s bastante sensiveis a desvios no processo	3	-Responsavel pelo I&D	5	30							
					-Interferencia entre ingredientes	2	-Responsavel pelo I&D	4	16							

E & MS
88 SEP 1695 (REVISED)

File Name: 723107205

printed on 1997 07 21 at 2:59:02 PM

Produced by FMEAplus™ Version 2.0

NOTE: Reference - Potential Failure Mode and Effects Analysis Instruction Manual (Form No. 1696)
Licensed from Ford Motor Company Engineering Staff

BIBLIOTECA

FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO
BIBLIOTECA
0000064479