

CAETANOBUS - GRUPO SALVADOR CAETANO

# Melhoria Contínua do Sistema de Controlo da Qualidade

---

**Vera Lília Soares Cunha**

**Dissertação do MIEMM**

**Orientador na Empresa: Engenheira Catarina Leal**

**Orientador na FEUP: Professora Laura Ribeiro**



**FEUP**

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais

4 De Julho De 2010

## Resumo:

---

No presente trabalho apresenta-se um caso de aplicação de ferramentas e metodologias da qualidade, com vista à melhoria do sistema de controlo de gestão da qualidade da produção na empresa Caetanobus.

Através do uso de ferramentas básicas da qualidade adequadas, entre as quais diagramas de Pareto e de Ishikawa determinaram-se quais os defeitos mais frequentes nas linhas produtivas e respectivas causas que dão origem ao modo de falha. Após esta análise implementaram-se acções correctivas, estas sempre que eficazes foram sugeridas e implementadas aos restantes produtos que evidenciavam os mesmos defeitos. Um exemplo disso, foi a alteração das *check list* utilizadas pelos inspectores: os pontos das listas foram divididos em grupos, e estes ordenados segundo a sequência de inspecção. Esta melhoria teve como objectivo a redução do tempo de inspecção.

Durante a realização do trabalho usou-se a metodologia 8D na resolução de problemas pontuais. Foi proposto para as “portas finais da qualidade” a adopção da metodologia AMFE, de modo a implementar acções preventivas que eliminem a curto e longo prazo os problemas detectados. Foi ainda realizado um breve estudo para melhoria de um sistema de teste - “teste de água”. Este teste é de grande importância na inspecção final, sendo que o veículo não é aprovado para entrega ao cliente sem a realização deste.

O *brainstorming* foi no decorrer deste trabalho uma das técnicas recorrentemente utilizadas, fundamental no desenvolvimento e compreensão de todo processo. As reuniões realizadas com diferentes colaboradores de diversos departamentos e com fornecedores externos possibilitaram o debate de ideias sob pontos de vista diferentes, permitindo a sua respectiva hierarquização e enriquecendo todo o trabalho que foi desenvolvido.

Destaca-se por fim, a implementação eficaz de acções correctivas sugeridas e a aprovação de acções preventivas que serão implementadas oportunamente, dado que envolvem a interacção com outros departamentos ou serviços da empresa.

**Palavras-chave:** melhoria contínua, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, 8D, AMFE, *brainstorming*.

# Abstract

---

The present work intended to apply the tools and methodology of quality with the perspective of improvement of the control system of quality management in CaetanoBus Company.

Through the adequate use of basic tools of quality, as Pareto and Ishikawa diagrams, the most common defects in the production lines and respective causes that originate the failure mode were determined. After this analysis, corrective actions were implemented, and if successful, they were also implemented in the other products which exhibited the same defect. An example is changing the Check lists used by the inspectors: points of the list were divided into groups and ordered according to the sequence of inspection. The aim of this improvement was reducing the inspection time.

During this work the 8D methodology was used in the resolution of specific problems. The adoption of the AMFE methodology was proposed to the “final doors of quality” in order to implement preventive actions to eliminate the short and long term problems detected. A brief study was also carried out for the improvement of a test system - "water test". This test is of great importance in the final inspection, as the vehicle is not approved for delivery to the customer without the approval in it.

Brainstorming was, during this work, one of the techniques that were recurrently used, fundamental throughout the development and understanding of the whole process. Meetings with different collaborators from different departments and with outside vendors allowed the debate of ideas in different points of view, allowing their respective hierarchization and enriching all the work that has been developed.

Last it should be highlighted the effective implementation of corrective actions suggested and the approval of preventive measures, to be implemented in due course, since they involve interaction with other departments or services of the company.

**Keywords:** Continuous improvement, Pareto diagram, Ishikawa diagram, 8D report, FMEA, brainstorming.

# Agradecimentos

---

As coisas vulgares que há na vida  
Não deixam saudades  
Só as lembranças que doem  
Ou fazem sorrir

Há gente que fica na história  
da história da gente  
e outras de quem nem o nome  
lembramos ouvir

*Mariza - Chuva*

Agradeço a quem fica na minha história, a quem o tempo pode levar mas nunca apagar. Agradeço-vos as aventuras vividas, as ilusões partilhadas, as noites ao luar e o nascer dos dias.

Obrigada Luísa Fernandes, José Fonseca, Rui Teixeira, Hugo Barrote e Filipe Silva pela paciência, pelo carinho e pela amizade.

Agradeço à Joana Xavier e Diogo Martins pelos momentos partilhados nesta última fase, e sobretudo pelo apoio.

Não poderia deixar de agradecer Daniela Saldanha, Guilherme Gordalina, Rui Costa, Sara Nunes, Helena Cardoso, Ivan Coelho, Ana Gonçalves e Joana Leite por terem enriquecido o meu curso académico com a sua boa disposição e amizade.

Por último, agradeço a duas pessoas muito especiais que sempre estarão comigo, Ana Silva e Adriana Neves.

Aos meus pais agradeço todo o apoio, carinho e conselhos, a eles devo quem eu sou.

Nesta última etapa de curso agradeço sobretudo à Professora Laura Ribeiro, que orientou todo este trabalho. E à Engenheira Catarina Leal que me orientou na empresa, me apoiou em todos os momentos e esteve sempre disponível.

Agradeço por fim a quem me recebeu no meu primeiro dia na CaetanoBus e tornou desde do início esta experiência enriquecedora e agradável: Engenheira Manuela Pereira, Marta Coimbra e Alexandra Soares.

# Índice de Conteúdos

---

1. Introdução .....	1
1.1. Evolução da Qualidade .....	1
1.2. Melhoria da Qualidade e Ferramentas .....	4
1.2.1. As Sete Ferramentas Básicas Da Qualidade .....	4
1.2.2. A Metodologia 8D .....	9
1.2.3. AMFE - Análise Modal de Falhas e Efeitos .....	11
1.3. Custo Da Qualidade .....	16
2. Caso de Estudo: Melhoria do Processo de Controlo na Empresa CaetanoBus .....	18
2.1. Estrutura organizacional do departamento da qualidade .....	19
2.2. Processo de Fabrico: Controlo e Inspeção .....	20
2.2.1. Porta da Qualidade 0.....	21
2.2.2. Porta da Qualidade 1.....	23
2.2.3. Porta da Qualidade 2.....	23
2.2.4. Porta da Qualidade 3.....	24
2.2.5. Porta da Qualidade 4.....	26
2.2.6. Porta da Qualidade 5.....	28
2.2.7. Base de dados - QES.....	28
3. Descrição do Problema, Objectivos e Metodologia .....	29
3.2. Metodologia Utilizada .....	29
4. Análise do Problema e Propostas de Melhoria .....	30
4.1. Identificação das Falhas e Respectivas Causas .....	30
4.1.1. Porta da qualidade 0.....	31
4.1.2. Porta da qualidade 1 .....	33
4.1.3. Porta da qualidade 2 .....	34
4.1.4. Porta da qualidade 3 .....	35
4.1.5. Porta da qualidade 4 e 5 .....	40

4.1.6.	Porta da Qualidade 5 - “Teste de água” .....	42
4.2.	Plano de melhoria e discussão das acções implementadas .....	44
4.2.1.	Porta da qualidade 0 .....	44
4.2.2.	Porta da Qualidade 1.....	45
4.2.3.	Porta da Qualidade 2.....	47
4.2.4.	Porta da qualidade 3 .....	47
4.2.5.	Porta da qualidade 4 e 5 .....	49
4.2.6.	Porta da Qualidade 5 - Teste de água .....	51
4.2.7.	Base de dados - QES.....	54
5.	Conclusões.....	57
	Referências Bibliográficas .....	58
	Anexo A - Matriz de Ferramentas de Solução de Problemas.....	60
	Anexo B - Check list da Portas da Qualidade 0 - Antes e depois .....	61
	Anexo C - Localização dos defeitos de pintura no carro .....	63
	Anexo D - Processo de Inspeção do Autocarro: Relatório de Pintura. ....	64

## Índice de Figuras

---

Figura 1 - Simbologia básica de fluxogramas (usada na CaetanoBus). ....	5
Figura 2 - Exemplos de Diagramas de Dispersão. ....	5
Figura 3 - Exemplos de histogramas. ....	6
Figura 4 - Diagrama de Ishikawa. Modificado. ....	7
Figura 5 - Ciclo PDCA.....	16
Figura 6 - Custo total da qualidade. ....	17
Figura 7 - Organigrama da empresa, com o departamento da qualidade expandido. ....	19
Figura 8 - Fluxograma geral de produção e de inspeção e ensaio. A abreviatura PQ significa “porta da qualidade”.....	21
Figura 9- Fluxograma das etapas realizadas pelo inspetor da qualidade.....	22
Figura 10 - Etapas realizadas desde a célula até à pintura primária da gaiola. ....	22
Figura 11 - Fluxograma das etapas desde a entrada da gaiola até ao revestimento.....	23

Figura 12 - Etapas de construção e controlo do carro desde o chapeamento até a pintura.	24
Figura 13 - Etapas realizadas na secção de pintura. ....	25
Figura 14 - Criticidade dos defeitos segundo a sua localização. ....	25
Figura 15 - Operações realizadas por posto durante a fase de acabamentos. ....	27
Figura 16 - Diagrama de Pareto das características identificadas como NC na 1ª Verificação. ....	31
Figura 17 - Diagramas de Ishikawa para os quatro defeitos mais importantes. ....	33
Figura 18 - Diagrama de Pareto 1ª Verificação após a etapa de chapeamento - PQ1. ....	33
Figura 19 - Diagrama de Pareto relativo a PQ2. ....	34
Figura 20 - Desnivelamento da parte superior da traseira em relação à parte inferior. ....	35
Figura 21 - Diagrama de Pareto da 1ª Verificação da PQ3. ....	36
Figura 22 - Escorridos. ....	36
Figura 23 - Poros. ....	36
Figura 24 - Lixo. ....	36
Figura 25 - Diagrama Ishikawa - Causas que podem estar na origem dos escorridos. ....	37
Figura 26 - Diagrama de Pareto da 2ª Verificação da PQ3. ....	38
Figura 27 - Quantidade NC na 2ª verificação realizada. PQ4. ....	40
Figura 28 - Quantidade NR na 2ª verificação da PQ4. ....	41
Figura 29 - Quantidade de características NC por carro na 1ª Verificação da PQ5. ....	41
Figura 30 - Túnel de água. ....	43
Figura 31 - Túnel de água em funcionamento. ....	43
Figura 32 - Bicos Obstruídos: a) vista do interior; b) vista do exterior. ....	43
Figura 33 - Presença de resíduos na água. ....	43
Figura 34 - Diagrama de Ishikawa referente à estrutura do chuveiro. ....	44
Figura 35 - Relatório 8D. ....	46
Figura 36 - Porta lado esquerdo: projecção de água com bicos actuais; Porta lado direito: projecção de água bicos K. ....	52
Figura 37 - Projecção de água com bicos K com casquilhos de 45°. ....	52
Figura 38 - Projecção de água na janela. ....	53
Figura 39 - Queda de água ao longo janela. ....	53
Figura 40 - Sugestão da nova estrutura de <i>check list</i> . ....	54

# Índice de tabelas

---

Tabela 1 - Os 10 mandamentos de Nadkarni para a gestão da qualidade total .....	2
Tabela 2 - Exemplos de carta de controlo utilizadas industrialmente .....	8
Tabela 3 - Probabilidades da falha ocorrer. ....	12
Tabela 4 - Probabilidade de Detecção.....	13
Tabela 5 - Índice de Gravidade classificação e critérios de atribuição. ....	14
Tabela 6 - Localização dos defeitos de pintura detectados na 2ª verificação. ....	39

# 1. Introdução

---

Para ser competitivo num cenário global emergente, um produto deve corresponder às expectativas do consumidor em vários aspectos: desempenho, estética, qualidade e custo. Com uma concorrência cada vez mais forte, os fabricantes perceberam que o custo e a qualidade são factores fundamentais para sobreviverem neste ambiente altamente competitivo, devendo-se tornar especialistas no desenvolvimento de produtos que ofereçam funcionalidade e qualidade, e ao menor custo, de tal modo que o consumidor o procure gerando os lucros desejados [1].

## 1.1. Evolução da Qualidade

A forma como a qualidade é vista por parte das organizações e consumidores tem evoluído ao longo do tempo. Inicialmente a qualidade focalizava-se na inspecção do produto, em que este passava ou não passava. Isto é, se o produto não cumprisse os requisitos era automaticamente rejeitado. Esta era da qualidade ficou denominada a “era da inspecção”, focalizada no produto e não no cliente ( típico dos sistemas taylorianos<sup>1</sup>).

Com o desenvolvimento industrial o modelo da inspecção do produto a 100% torna-se dispendioso e ineficaz, surge assim na década de 30 uma era da qualidade focalizada no controle estatístico da qualidade. Esta era é marcada pela aplicação do controlo estístico e técnicas de amostragem, como as cartas de Shewhart. A qualidade deixa de centralizar a sua visão no produto e começa também a focalizar-se nos processos.

A terceira era da qualidade é denominada de garantia da qualidade. Pela primeira vez a qualidade deixa de ser uma característica do produto ou serviço, e passa a ser entendida como um sistema da qualidade. Esta era é marcada pela contribuição de Juran que dá ênfase aos métodos de gestão. Outra contribuição importante é a de Feignbaum, ao introduzir o princípio da qualidade total. É também Feigenbaum que introduz a necessidade da documentação dos sistemas da qualidade. A contribuição Deming com a introdução dos sistemas de gestão da qualidade (no Japão), e do ciclo de melhoria PDCA (plan-do-check-act) também foi muito importante. Esta era é ainda marcada por Crosby e a sua filosofia “zero defeitos”, baseada em *fazer bem à primeira vez*.

A aprendizagem adquirida ao longo do tempo e o contributo das diferentes visões da qualidade contribuíram para se atingir a era actual da qualidade: Gestão da Qualidade Total, em que a ênfase é dada as necessidades do mercado, clientes interessados, internos

---

<sup>1</sup> Princípio da organização científica, caracterizado pela ênfase nas tarefas, objectivando o aumento da eficiência operacional, baseando-se em 4 princípios: planeamento, selecção, controlo e execução [2].

e sociedade, vendo-se na qualidade uma oportunidade de diferenciação relativamente à concorrência. [2]

A forma como os operadores eram vistos pelas organizações também mudou ao longo das “eras da qualidade”, sendo hoje em dia considerados como fundamentais. A qualidade depende da motivação, entusiasmo e confiabilidade das pessoas. A empresa pode ter o melhor sistema de qualidade e bons meios de produção, mas se os colaboradores estiverem desmotivados e forem descuidados a produção não irá atender aos padrões de alta qualidade, procurando apenas satisfazer os requisitos mínimos, fabricando um produto final abaixo das suas capacidades e abaixo das expectativas do cliente. Nunca se deverá descorar a formação dos colaboradores e acima de tudo o trabalho bem realizado deve ser reconhecido, cultivando no próprio operador o sentimento de orgulho pela sua obra[3, 4].

É importante criar e fazer prevalecer a ideia de que a qualidade está em cada um de nós e que pequenos gestos podem fazer grandes diferenças. Na tabela 1 é possível observar os 10 mandamentos de Nadkarni's para a gestão da qualidade total [4].

**Tabela 1 - Os 10 mandamentos de Nadkarni para a gestão da qualidade total [4].**

---

**Compromisso** - Aceitar e implementar a filosofia da qualidade.

**Liderança** - Ser o exemplo, mostrar o compromisso com a qualidade.

**Orientação para o cliente** - O cliente é a razão da existência da empresa; Todos o devem ter em mente.

**Trabalho em equipa** - Juntos trabalhar para um objectivo comum.

**Comunicação** - Conhecer outros pontos de vista é uma mais-valia nos negócios.

**Delegar** - Dar aos colaboradores poder, responsabilidade, orgulho no trabalho realizado e reconhecimento.

**Estatística da garantia da qualidade** - Empregar as ferramentas estatísticas para identifica causas e resolver problemas.

**Treino** - Formação contínua.

**Modelo** - Aprender com os pioneiros da qualidade, extraíndo o seu melhor para o trabalho.

**Orgulho no trabalho** - Ter orgulho no trabalho realizado por lhe pertencer por ter feito da maneira correcta.

---

A qualidade continua a ser um factor de diferenciação das organizações, havendo por isso uma procura constante por melhorias, sendo os custos sempre ser tidos em consideração. O caso de estudo apresentado neste trabalho teve como objectivo a melhoria do sistema de controlo da qualidade, mais precisamente, das “portas da qualidade”. Ou seja, o estudo efectuado aborda essencialmente os produtos e os processos de fabrico e de inspecção.

Usando ferramentas da qualidade determinam-se quais os pontos críticos de cada “porta da qualidade”, isto é, as causas ou potenciais causas que conduzem ao modo de falha, e a capacidade de detecção destas. Tendo como finalidade a definição e implementação de soluções correctivas e acções preventivas que eliminem as causas ou potenciais causas de falha. As acções implementadas foram monitorizadas, e sempre que bem-sucedidas e possível normalizadas. Pretendeu-se deste modo contribuir para a redução da variabilidade dos processos e produtos.

Este capítulo apresenta ainda um grupo restrito de ferramentas e metodologias da qualidade que se aplicaram ao longo do trabalho (*check list*, fluxograma, histograma, digrama de Pareto, e de Ishikawa e cartas de controlo), conhecidas como as sete ferramentas básicas da qualidade. A metodologia do 8D, caracterizada pela facilidade e rapidez na sua aplicação. Por fim apresenta-se o AMFE, uma empresa

que procura a plena satisfação dos clientes mais do que corrigir os erros, deve introduzir a prática de prevenir e eliminar quaisquer potenciais causas que os possam originar.

O segundo capítulo da dissertação é dedicado ao caso de estudo desenvolvido na CaetanoBus. Inicia-se com uma breve apresentação da empresa, missão e objectivos, e apresenta-se a organização da função da qualidade.

Segue-se o subcapítulo “Processo de fabrico: controlo e inspecção”, onde se descreve o processo de fabrico dos autocarros, o processo de inspecção e como estes interagem. Este é precedido pela descrição do problema que originou este trabalho.

O subcapítulo “Metodologia utilizada” descreve o procedimento do trabalho realizado, e quais as ferramentas e técnicas da qualidade aplicadas.

No subcapítulo “Identificação das falhas e respectivas causas” apresentam-se as metodologias adequadas aos problemas, de modo a identificar as falhas e as suas origens. Nesta parte do trabalho foram utilizados diagramas de Pareto e de Ishikawa.

Na implementação de melhorias recorreu-se à utilização da metodologia 8D e sugeriu-se a adopção futura do AMFE. Nesta parte do trabalho a criação de Check list no combate a alguns problemas, assim como a melhoria das Check list existentes revelaram-se medidas eficazes. É ainda sugerido melhorias à base de dados, dado que esta não está a

ser rentabilizada da melhor forma. Ao longo deste subcapítulo é ainda analisada e discutida a eficácia das acções e melhoria implementadas.

No terceiro capítulo deste trabalho apresentam-se as considerações finais do estudo, salientando-se os aspectos mais importantes.

## 1.2.Melhoria da Qualidade e Ferramentas

A gestão da qualidade é parte fundamental e integrante das organizações, tendo como um dos principais objectivos a melhoria contínua dos processos e dos produtos, o que faz com que a qualidade não seja um fim mas antes um meio, em que a participação, aprendizagem e motivação de todos, deverão contribuir para elevar o nível de qualidade a cada dia.

Para atingir este objectivo encontram-se disponíveis uma série de ferramentas da qualidade (Anexo A). No entanto este trabalho vai focalizar-se nas sete ferramentas mais comuns da qualidade - check list, fluxogramas, diagramas de dispersão, histogramas, diagramas de Pareto, diagramas de Ishikawa e cartas de controlo. E em duas metodologias amplamente usadas na indústria para a resolução e prevenção de problemas: 8D e análise modal de falhas e efeitos (AMFE), respectivamente [5, 6].

### 1.2.1.As Sete Ferramentas Básicas Da Qualidade

As sete ferramentas básicas da qualidade caracterizam-se por terem um elevado impacto visual, e serem eficazes na resolução de uma grande parte dos problemas relacionados com a qualidade. Tem como base a recolha, ordenação e análise da informação.

As **check list** (ou também denominadas listas de verificação) são usadas para certificar que os procedimentos pré-estabelecidos estão a ser cumpridos, e que desta forma o produto ou o processo cumpre os requisitos pretendidos.

Usualmente apresentam-se sob a forma de tabelas, usadas com o objectivo de facilitar a recolha, análise e tratamento dos dados que se pretendem estudar [7].

A ferramenta que tem por finalidade facilitar o entendimento da sequência (e melhoria) de um processo, é o **fluxograma**. Esta ferramenta permite a visualização da sequência de operações e pontos de decisão.

Um fluxograma é uma imagem que constrói-se através de símbolos, em cada símbolo tem um significado, a sua junção e sequência representa as várias etapas do processo. Na figura 1 podem-se observar alguns símbolos vulgarmente utilizados e os seus significados [8].

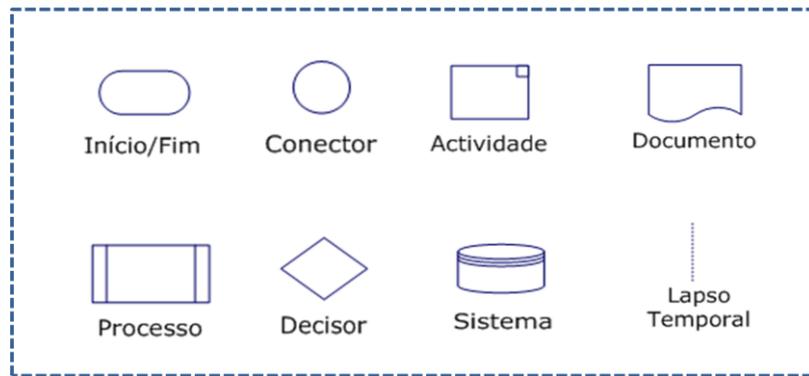


Figura 1 - Simbologia básica de fluxogramas (usada na CaetanoBus).

O **diagrama de dispersão** consiste num gráfico baseado no sistema de coordenadas cartesianas, no qual os atributos a analisar são referenciados nos eixos x e y. Permite estudar a relação entre duas variáveis quantitativas. Na figura 2 pode-se observar exemplos de dispersões com correlação positiva (y cresce quando x cresce) e negativa (y decresce quando x cresce), e com diferentes níveis de correlações. Nas correlações fortes há uma relação causa efeito; nas correlações fracas, um aumento ou diminuição de variável x não influencia directamente y [9].

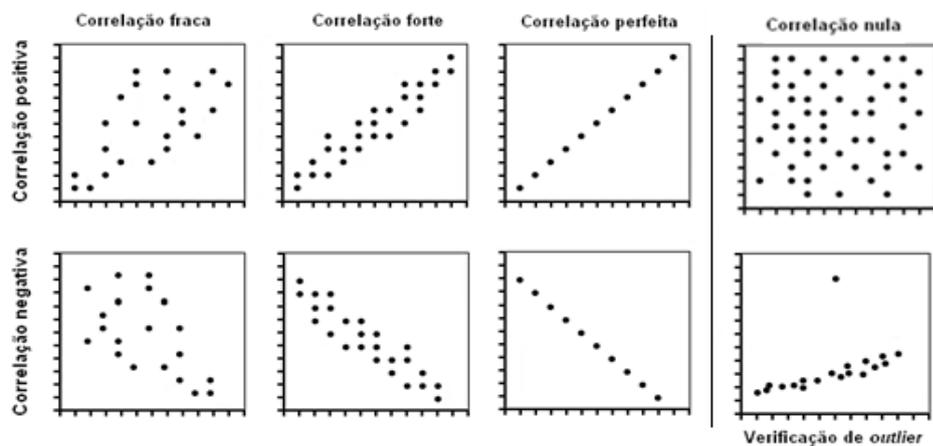


Figura 2 - Exemplos de Diagramas de Dispersão. [9, 10]

Outra ferramenta importante é o **histograma**, esta é a ferramenta mais utilizada para representar a distribuição de frequências de uma variável quantitativa. Pode ser relativa às frequências absolutas ou às frequências relativas [7, 11].

A partir da forma do histograma, é possível obter informação útil sobre a distribuição dos valores e as variações dos mesmos. Conhecer as variações do processo é o que permite estabelecer o seu controlo e a sua melhoria. Por vezes não é viável (a nível de tempo e custos) controlar todos os produtos, devendo-se recorrer a amostragens. Quanto

maior for a amostra de valores, maior será o grau confiança que se pode ter nos resultados. Nas figuras que se seguem podemos visualizar diferentes distribuições de valores [11].

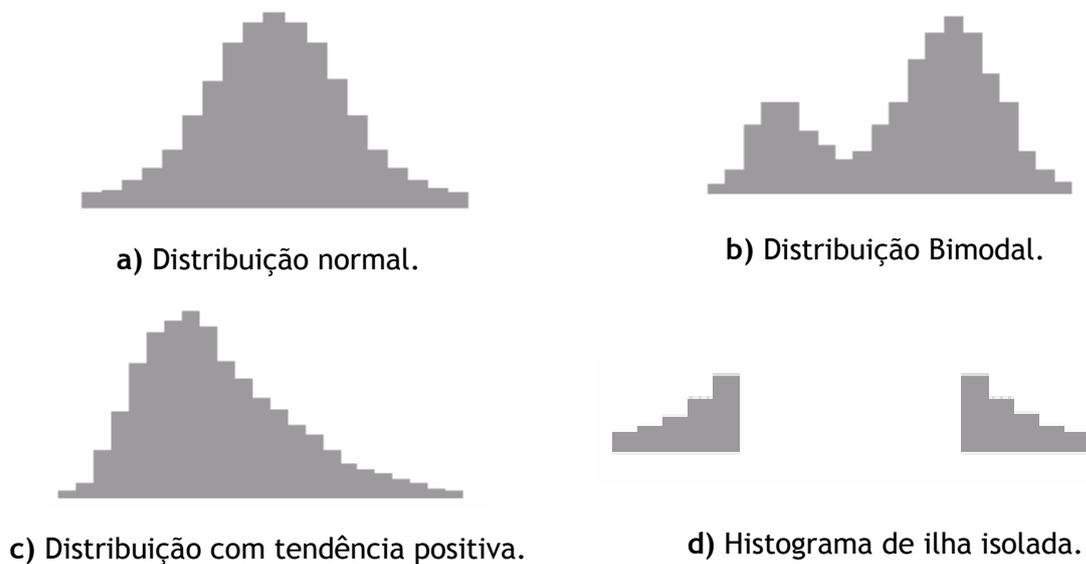


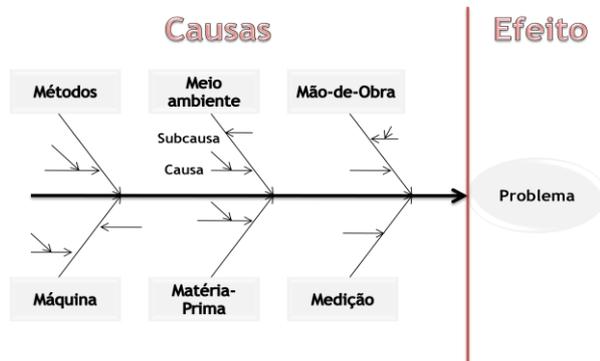
Figura 3 - Exemplos de histogramas [7].

A primeira figura representa uma distribuição normal, (aproxima-se da curva de Gauss), os pontos ocorrem de igual forma dos dois lados da mediana. A figura 3 b) representa a mistura de duas distribuições nitidamente distintas. A figura 3 c) apresenta um histograma assimétrico, neste caso com tendência positiva. Este tipo de histograma traduz valores superiores ao limite estabelecido. Por último, temos um histograma de ilhas isoladas, o produto divide-se em dois grupos, um próximo do limite superior e outro perto do limite inferior. É típico em situações com anomalias, como por exemplo: erros de medição [7, 11, 12].

A quinta ferramenta é o **Diagrama de Pareto**, esta ferramenta permite hierarquizar os dados ordenando-os por ordem decrescente de frequência. Sendo por isso uma ferramenta muito aplicada na análise de problemas e tomada de decisões. A análise de Pareto é também conhecida pela análise ABC e pela regra dos 80-20. O princípio base é um pequeno número de causas vitais (geralmente 20%) ser responsável pela maioria dos problemas (80%). Desta forma identificam-se facilmente os pontos-chave aos quais se deve dedicar especial atenção, ou seja, que necessitam de ser submetidos a um estudo e implementação de acções que conduzam a sua redução ou eliminação prioritariamente.

A elaboração do diagrama de Pareto é simples, consiste em ordenar as causas e/ou os problemas por frequência e de seguida traçar a curva da percentagem acumulada.

No caso da análise de defeitos após a identificação dos defeitos mais frequentes é necessário a identificar as causas que os originaram. Nesta situação recorre-se com frequência ao **Diagrama de Ishikawa**. Esta ferramenta é também denominada diagrama causa-efeito ou espinha de peixe devido a forma que apresenta.



**Figura 4** - Diagrama de Ishikawa. Modificado [13].

A elaboração deste diagrama é normalmente precedida por uma sessão de *brainstorming*, que permite recolher o máximo de informação sobre o assunto analisado. Como se pode ver na figura 4 este diagrama permite estabelecer uma relação entre as causas e o efeito

resultante. As causas são agrupadas por famílias, que se ramificam em sub-causas de vários níveis [13].

Esta ferramenta obriga classificar as ideias do grupo, eliminar as redundâncias e evidenciar eventuais omissões que possam ter ocorrido, cumprindo assim o seu objectivo - a focalização nas causas dos problemas.

A última ferramenta deste grupo denomina-se por **cartas de controlo**, é utilizada para acompanhar e avaliar de forma contínua o desempenho de um processo produtivo, pondo em evidência, quando é que o processo se altera significativamente e necessita de acções correctivas. O princípio base consiste em considerar que todos os sistemas estão sujeitos a um tipo de variabilidade aleatória cuja distribuição segue a lei normal. Enquanto a variação do processo estiver contida nos limites estatísticos normais (limite superior ou inferior de controlo), não é necessário desencadear qualquer acção, caso contrário é necessário actuar, através de acções correctivas deve-se eliminar as causas que deram origem aos ponto fora dos limites [14].

As variações que conduzem aos defeitos podem ter diversas causas de origem é necessária identificá-las, são normalmente divididas em dois grupos evidenciando assim o modo como irão afectar o processo:

- **Causas comuns** - são as numerosas origens de variabilidade dificilmente conhecidas e controladas, que estão sempre presentes em menor ou maior grau nos diferentes processos. Um processo afectado apenas por causas comuns é caracterizado por um comportamento padrão estável no tempo e é previsível, proporcionando uma base para melhoria.
- **Causas especiais** - são causas de dispersão identificáveis, muitas vezes pontuais, instáveis e conseqüentemente difíceis de prever. A ocorrência deste tipo de causa

obriga a uma intervenção no processo. Ao contrário das causas comuns, as causas especiais são geralmente pouco numerosas. [11, 15]

Como é de prever existe mais do que um tipo de carta de controlo, as mais utilizadas são as cartas de controlo para variáveis contínuas. Outro tipo de carta de controlo é para características discretas (que são contadas e classificadas em “passa/não passa”), isto é, para controlo de atributos. Na tabela 2 apresentam-se os tipos de carta de controlo mais usadas na indústria[15].

**Tabela 2 - Exemplos de carta de controlo utilizadas industrialmente [14, 15].**

<i>Característica</i>	<i>Tipo de carta</i>
<b>Variável</b>	e R (valor médio e amplitude) (valor médio) e S (valor médio e desvio padrão) (Amplitude móvel)
<b>Atributo</b>	<i>pn</i> (número de unidades defeituosas) <i>p</i> (% de unidades defeituosas) <i>c</i> (número de defeitos) <i>n</i> (número de defeitos por unidade)

Como nota final deste sub-tema faz-se uma breve abordagem às sessões *brainstorming*, regularmente usada na aplicação de determinadas metodologias.

O *brainstorming* é uma das técnicas mais importantes no trabalho de equipa, permite gerar um elevado número de ideias num curto espaço de tempo. Como revela a sua tradução é uma “tempestade de ideias” [11].

A técnica visa estimular a criatividade do grupo e permitir a participação de todos, para isso obedece a determinadas regras, nomeadamente:

- Devem ser geradas o número máximo de ideias possíveis;
- Durante o levantamento de ideias não há discussão nem crítica, pois isso poderia inibir a apresentação de outras ideias;
- Apenas uma ideia de cada vez (rotativamente);
- Devem ser registadas todas as ideias;
- Todos os membros do grupo participam;
- Manter o grupo empenhado.

Depois desta fase de levantamento, passa-se a discussão das ideias e ao seu agrupamento, conforme a sua natureza. As ideias redundantes são eliminadas, e as restantes ordenadas segundo a votação do grupo [16].

### 1.2.2.A Metodologia 8D

A metodologia 8D é introduzida em 1987 no manual *TOPS - Team Oriented Problem Solving* concebido pela Ford. Este método caracteriza-se por ter uma abordagem formal, rápida e meticulosa na resolução de problemas, onde a sinergia das pessoas envolvidas é valorizada. Consiste em oito passos que têm como objectivo a identificação, correcção e eliminação das “não-conformidades”, procurando a causa raiz das suas origens. Define também acções correctivas imediatas, de forma a eliminar o problema no momento, e acções de correctivas para que tal problema não volte a reincidir. É ainda avaliado o impacto ao nível de custos, tempo, efeito no cliente e na organização.

A metodologia 8D divide-se em oito passos, mais detalhadamente:

- *D1 - Formar uma equipa*

O primeiro passo é estabelecer uma equipa constituída por pessoas com conhecimento, tempo, autoridade e capacidades para resolver o problema, e implementar acções correctivas. O grupo deverá escolher um líder [17].

- *D2 - Descrever o problema*

Nesta etapa tem-se como objectivo a descrição do problema de forma detalhada, isto é, compreender o problema sob diversos aspectos - o quê, quando e onde ocorre, e a sua relação directa com o problema detectado. Sempre que possível deve ser quantificado em relação a sua frequência. Para auxiliar a realização desta etapa pode-se recorrer a ferramentas da qualidade, tais como: Cartografia e diagrama “*IS/ IS NOT*” [15, 17].

- *D3 - Implementar acções correctivas*

Neste passo deverão ser definidas e implementadas acções imediatas de contenção que irão proteger o cliente do problema até as acções permanentes serem implementadas.

Deve-se verificar com recolha de dados a eficiência dessas acções.

- *D4 - Definir a causa raiz e análise de impacto*

Neste passo devem ser identificadas as potenciais causas que podem explicar a origem do problema ocorrido. Estas deverão ser testadas/validadas com a descrição do problema e os dados recolhidos. Por fim deverá escolher-se a ou as acções para eliminar a causa raiz.

Deve-se também realizar uma análise do impacto desta causa raiz, ou seja, das consequências desta ter ocorrido, e identificar os produtos ou processos que podem ter sido afectados [17].

As ferramentas da qualidade recomendadas para este passo são: diagrama de Ishikawa, 5 Porquês, *Brainstorming* [15].

- *D5 - Escolher e verificar as acções correctivas*

Implementar a ou as acções correctivas e verificar se estas eliminam o problema através da eliminação da causa raiz, e se não provocam efeitos colaterais indesejados. Se tal acontecer é necessário a definição de novas soluções.

A definição de acções adicionais podem ser necessárias caso a potencial severidade do problema o justifique.

- *D6 - implementar ou validar permanentemente a acções correctivas*

Neste passo define-se e implementam-se as acções correctivas permanentes. Estas acções deverão ser monitorizadas para garantir a eliminação da causa raiz.

- *D7 - Prevenir a recorrência*

Após resolução do problema deseja-se que este e problemas similares não voltem a ocorrer, para isso deverá se prevenir a ocorrência através da alteração de especificações, formação e revisão do procedimento de trabalho, melhoria das práticas e procedimentos de trabalho. Deve também verificar-se se as acções correctivas se mantêm com o tempo e se continuam eficazes [17].

- *D8 - Congratular a equipa*

Os esforços colectivos da equipa na resolução do problema devem ser reconhecidos e felicitados. Além de merecido esta pequena congratulação manterá a equipa motivada no futuro [15].

Os conhecimentos e aprendizagens adquiridas devem ser partilhados com toda a organização [17].

Sendo a CaetanoBus uma empresa certificada pela norma ISO 9001:2008 a aplicação desta no seu dia-a-dia é uma prática corrente. A metodologia 8D dá claramente, resposta à cláusula 8.5.2 Acções correctivas - *“A organização deve empreender acções para eliminar as causas das “não-conformidades” com o fim de evitar repetições. As acções devem ser apropriadas aos efeitos das “não-conformidades” encontradas”*[18].

Ou seja, de acordo com a norma deve ser estabelecido um procedimento documentado para rever as “não-conformidades”, determinar as suas causas, avaliar a necessidade de acções que assegurem a não repetição das “não-conformidades”, determinar e implementar as acções, registar os resultados das acções empreendidas e rever a sua eficácia. Como se pode constatar os passos D4 a D7 dão resposta a todos estes requisitos [17].

### 1.2.3. AMFE - Análise Modal de Falhas e Efeitos

A metodologia AMFE surge nos finais dos anos 60 ligada à indústria aeroespacial, sendo adoptada anos mais tarde (1972) pelas empresas norte americanas da Ford, no âmbito da melhoria da fiabilidade dos automóveis. Estando no presente amplamente disseminada, em particular na indústria automóvel.

Esta técnica consiste numa análise rigorosa e profunda das potenciais falha de um produto ou processo. O trabalho é realizado em grupo, sendo muito eficaz para aplicar de modo partilhado a experiência e conhecimento de cada elemento do grupo. O resultado é a determinação de potenciais falhas, as suas causas e uma avaliação da necessidade de prevenir a sua ocorrência. De seguida determinam-se e implementam-se as acções necessárias, registam-se os resultados das acções empreendidas e à posterior revê-se a eficácia das acções preventivas.

O resultado final é um documento - AMFE, onde se regista toda a informação recolhida, bem como aquela que deriva da análise. Este documento é dito “vivo” na medida em que deverá ser permanentemente mantido e actualizado [17].

Esta metodologia dá resposta a um dos requisitos abordado na cláusula 8.5.3 da norma ISO 9001:2008 - *“A organização deve determinar as acções para eliminar as causas de potenciais “não-conformidades”, tendo em vista prevenir a sua ocorrência. As acções preventivas devem ser apropriadas aos efeitos dos potenciais problemas”*[18].

O primeiro passo para aplicação desta metodologia é a determinação dos objectivos/funções do produto, processo, tarefa ou actividade. De seguida deve-se formar uma equipa interdisciplinar para fazer o diagnóstico. Esta deve ser formada por 6 a 8 pessoas (mínimo 3) provenientes de diferentes sectores da empresa: compras, engenharia, assistência ao cliente, vendas, produção, etc. Dentro desta equipa deve haver um líder, ou seja, alguém que seja responsável pela realização, condução e actualização da AMFE. É desejável que o responsável pela execução da AMFE do projecto pertença à área do projecto e desenvolvimento.

A aplicação do AMFE divide-se em três fases, análise qualitativa, análise quantitativa e acções correctivas.

#### 1. Análise Qualitativa

No caso do AMFE de produtos, nesta fase identifica-se a função ou funções do produto, e de forma semelhante identifica-se e lista-se todos os modos de falha potencial para cada função.

Supondo-se que o modo de falha ocorre, deve-se realizar uma descrição dos seus efeitos na linguagem do cliente, ou seja, ouvir a voz do cliente saber o que este observou ou

experimentou. Se o efeito da falha afectar 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 deve-se criar uma listagem de todas as suas causas potenciais. Dado que nem sempre é fácil relacionar-se os efeitos com o modo de falha potencial e estes com as respectivas causas é aconselhado que esta tarefa seja realizada recorrendo a diagramas de Ishikawa.

## 2. Análise Quantitativa

Como o próprio nome indica nesta fase quantifica-se a probabilidade de ocorrência da falha potencial, durante a vida útil prevista para o produto e a duração em serviço dos componentes. Nesta análise quantitativa determinam-se quatro índices de falha: frequência, detecção, gravidade e risco.

A estimativa da probabilidade de ocorrência de falha potencial, traduz-se pelo índice  $F$ , e é calculada pela equação 1. Na tabela 3 é possível observar a classificação e critério da ocorrência de falha.

$$Prob. [Ocorrência de falha] = Prob. [Causa] \times Prob. \left[ \frac{modo}{causa} \right] \quad \text{Eq. 1.}$$

Tabela 3 - Probabilidades da falha ocorrer. [17]

Critério de probabilidade de falha	Taxa de falha	Classificação
Probabilidade de falha muito alta; falha quase inevitável	1/2	10
	1/3	9
Probabilidade elevada; falhas ocorrem repetidamente	1/8	8
	1/20	7
	1/80	6
Probabilidade moderada; falhas ocasionais	1/400	5
	1/2000	4
Probabilidade baixa; falhas ocorrem raramente	1/15 000	3
	1/150 000	2
Probabilidade remota; falha improvável	1/1 500 000	1

A probabilidade de falha ocorrer está relacionada com o sistema de prevenção e detecção utilizado, devendo, este sistema ser exaustivamente avaliado. O índice D (detecção) traduz a probabilidade de a causa ser detectada antes de chegar ao cliente. Para determinar o valor de D parte-se do princípio que a falha ocorreu e, então avalia-se a capacidade de o sistema detectar a presença do defeito.

O índice de detecção está intimamente ligado à eficácia do sistema de controlo da qualidade, logo uma melhoria no sistema ou alterações no projecto permitem melhorar directamente o índice de detecção. A tabela 4 apresenta os valores para o D e os critérios para a atribuição do seu valor.

Tabela 4 - Probabilidade de Detecção. [17]

Detecção	Critério	Classificação
Incerta	O defeito chegará ao cliente; não há detecção da potencial causa e modo de falha.	10
Muito Remota	Probabilidade muito elevada que o defeito chegará ao cliente.	9
Remota	Probabilidade elevada de que o defeito chegará ao cliente	8
Muito Baixa		7
Baixa	Baixa probabilidade que o defeito seja detectado, boa probabilidade de chegar ao cliente.	6
Moderada	Probabilidade moderada que o defeito chegará ao cliente.	5
Quase Elevada	Boa probabilidade de detecção de potencial causa e modo de falha.	4
Elevada	Elevada probabilidade de detecção, baixa probabilidade que o defeito chegará ao cliente.	3
Muito Elevada	Probabilidade de detecção da potencial causa e resultante modo de falha muito elevada.	2
Quase Certa	Quase certa a detecção da potencial causa e subsequente modo de falha.	1

Para além de prever a ocorrência de falha e a probabilidade desta ser detectada, é essencial quantificar o efeito da falha sobre o cliente. O índice que avalia este efeito é denominado índice de gravidade G, e os critérios para a atribuição de um valor numérico podem ser vistos na tabela 5. Na classificação de G deverá ter-se em consideração que o cliente só experimenta o modo de falha, por isso todas as causas que levem aquela ocorrência devem ter o mesmo valor. De salientar ainda que este índice só pode ser

alterado se houver alterações no projecto, as alterações que se efectuem no sistema de controlo da qualidade não o afectam.

**Tabela 5 - Índice de Gravidade classificação e critérios de atribuição. [17]**

<b>Critério</b>	<b>Classificação</b>
Gravidade alta. A falha acarreta incumprimento de requisitos legais ou problemas de segurança.	10 9
Elevada insatisfação do cliente. No entanto a falha não envolve aspectos de segurança ou legais.	8 7
A falha provoca descontentamento no cliente, causando sentimentos de irritação ou incómodo.	6 5 4
A falha é de baixa gravidade, apenas causará um pequeno inconveniente ao cliente. Não causará deterioração do rendimento ou aspecto do produto.	3 2
O cliente dificilmente será capaz de a detectar. A falha não terá efeito notável no rendimento ou aspecto do produto.	1

O índice de risco prioritário, P, permite hierarquizar importância relativa das causas de falha, dando-se prioridade as que apresentem valores de P mais elevados. Dentro destas deve-se ainda atribuir prioridade as que apresentam um valor G mais alto. A equação 2 traduz o modo de cálculo deste índice.

$$P = F \times D \times G \quad \text{Eq. 2.}$$

Refira-se que este índice revela uma variação assimétrica, ou seja, verificam-se poucas causas com valores P muito elevados, e muitas com valores baixos [17].

### 3. Acções

A última etapa consiste na introdução de acções preventivas (ou correctivas) que tem como finalidade prevenir a ocorrência da NC, eliminando as potenciais causas de falhas. Estas acções devem incidir na redução da gravidade da falha, e da sua frequência, com isto diminuindo assim a probabilidade das causas conduzirem ao modo de falha. Podem também incidir no aumento da probabilidade de detecção. Neste caso, as acções vão introduzir novas rotinas, precauções, procedimentos, técnicas ou métodos de

inspecção e controlo, ou envolvem a mudança do comportamento dos colaboradores, incluindo-o dos gestores.

O responsável da AMFE deve assegurar a implementação das acções acordadas, a recolha de dados sobre a eficácia dessas acções e rever as acções implementadas baseando-se nos seguintes pontos:

- Determinar se as acções implementadas melhoraram o desempenho (do produto/processo);
- Determinar se a NC voltou a ocorrer; neste caso, a acção correctiva deve ser retirada e deverá ser feita uma revisão ao método seguido[15, 17].

As metodologias acima apresentadas permitem detectar e suprimir falhas ou potenciais falhas do processo ou produto. É importante que as acções implementadas sejam monitorizadas e a sua continuidade assegurada. De preferência as acções bem sucedidas devem ser replicadas e adoptadas por toda a organização em processos e produtos similares. No fundo este tipo de procedimento segue o ciclo da melhoria contínua de Deming (autor do PDCA - plan, do, chek, act). O PDCA divide-se em 4 etapas e pode ser aplicado a processos e sistemas (figura 5). A primeira etapa é “planear” (P), ou seja, definir os objectivos e processos em que se pretende obter resultados de acordo com os requisitos do cliente e políticas da empresa. Depois segue-se a “execução” (D) do que foi estabelecido na etapa anterior. A etapa seguinte é “verificar” (C), através da monitorização e medição dos processos e produtos, e reportar os resultados. Por fim deve-se “actuar/agir” (A), empreendendo acções para a melhoria do desempenho dos processos, incluindo a revisão de todo o sistema para determinar que este funciona, está actualizado e adequado[19].

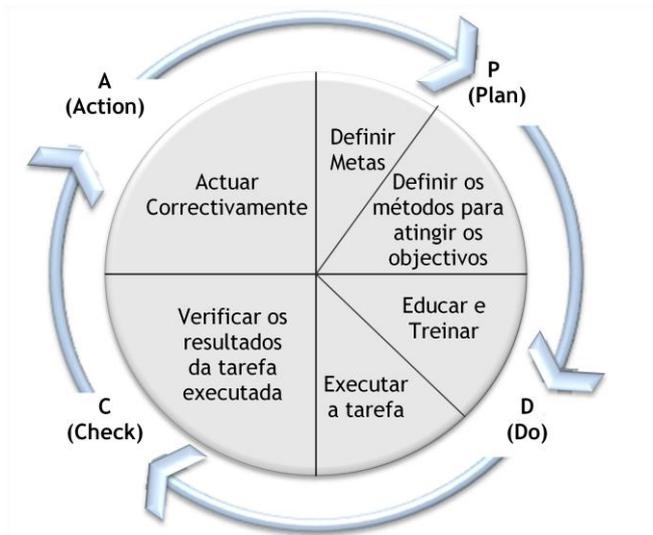


Figura 5 - Ciclo PDCA. Modificado [20]

Para encerrar este tema subcapítulo deixa-se a visão de Robert Bosch:

*“Devemos sempre tender a melhorar o que já existe, ninguém deve satisfazer-se com o que atingiu, pelo contrário, deve tentar constantemente fazer o seu trabalho ainda melhor.”<sup>2</sup>*

### 1.3.Custo Da Qualidade

A qualidade é uma mais-valia para empresa, no entanto não se deve descurar os custos que esta acarreta. Os custos de obtenção da qualidade podem ser divididos em quatro categorias: custos de prevenção, custos de avaliação, custo da “não-qualidade” interna e custo da não-qualidade externa [15].

Os custos da “não-qualidade” interna ocorrem quando o produto, componente e material não cumpre os requisitos exigidos, mas a falha é detectada antes de chegar ao cliente. As falhas internas podem ser classificadas do seguinte modo: material que não pode ser reparado ou usado - sucata; material que é reparado de modo a passar a cumprir as especificações - recuperações; análise de falha - o custo incorrido na determinação das causas que conduziram a falha do produto; o custo da inspecção ou testes necessários após a correcção do produto; incorrecta gestão de *stocks*; e a perda de valor do produto levando a que este seja comercializado a um preço inferior ao normal, porque apesar de utilizável não cumpre as especificações [21, 22].

<sup>2</sup> Publicado em “Princípios do CIP (*Continuous Improvement Process*)”, [www.bosch.fr](http://www.bosch.fr).

Os custos da não-qualidade externa ocorrem quando o produto chega ao consumidor e não cumpre de forma satisfatória os seus requisitos. Estes traduzem-se em: reclamações, rejeição do produto, reparações, penalizações por prazos nas entregas, pagamento parcial do cliente. Há que adicionar as perdas indirectas em credibilidade, como a perda de imagem de marca (dificilmente quantificáveis mas por vezes com grande peso) [21, 22].

Os custos de prevenção estão associados ao pessoal envolvido na concepção, implementação e manutenção do sistema de qualidade. Estes custos traduzem-se na: verificação do caderno de encargos, revisões da concepção e da produção, elaboração de indicadores de qualidade, formação de pessoal e avaliação de fornecedores, entre outros [21, 22].

Por último tem-se os custos de avaliação que estão associados com os ensaios medição, avaliação, ou auditorias do produto, componentes, e materiais adquiridos, para assegurar que estes estão conformes a norma da qualidade e requisitos exigidos. Estes custos traduzem-se na prática nos custos dos testes e inspecção na recepção do material, testes e inspecção ao longo da produção, auditorias, materiais e serviços usados nos testes destrutivos ou desvalorizados em testes de confiabilidade e calibração e manutenção de equipamento. [21, 22]

Os custos da prevenção e de avaliação são considerados custos controlados e os custos da não-qualidade interna e externa são considerados não-controláveis. É expectável que à medida que os custos controláveis da qualidade (de prevenção e avaliação) cresçam, os custos não controláveis diminuam, havendo um momento em que os custos controláveis excedem os custos de correcção das falhas do produto. Há no entanto um ponto considerado óptimo, em que a relação dos custos de prevenção e avaliação e os custos das falhas estão equilibrados. Na figura 6 pode-se observar gráfico com as respectivas curvas dos custos da qualidade, da não-qualidade e do ponto óptimo [21].

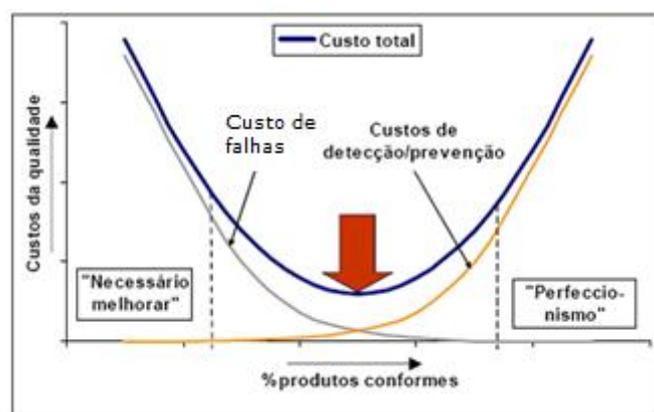


Figura 6 - Custo total da qualidade.

## 2. Caso de Estudo: Melhoria do Processo de Controlo na Empresa CaetanoBus

*“A satisfação total dos clientes é o principal objectivo da CaetanoBus.”*

Manual da Qualidade CaetanoBus

A frase acima deixa bem claro que o compromisso desta empresa é a melhoria contínua, com o objectivo de servir cada vez melhor, não admitindo privilegiar, em qualquer circunstância, os custos em prejuízo da qualidade. Portanto, há uma missão clara de melhoria contínua dos produtos e serviços através da gestão eficaz dos processos e da utilização eficiente dos recursos. Dado que os processos e produtos estão em contínua mudança, isto é, a procura por otimizar um processo é constante, assim como o aparecimento de novos materiais ou componentes, a qualidade tem de acompanhar esta mudança. Para se atingir tal patamar de excelência é necessário uma conduta ética correcta, que permita aumentar de modo sustentado a competitividade da empresa, agindo sempre no cumprimento da legalidade, privilegiando um trabalho em equipa suportado na capacidade, qualidade e eficiência dos colaboradores. E trabalhando na construção de uma relação de parceria com os fornecedores que conduza a benefícios mútuos. Resumindo, satisfação total de todas as partes interessadas, isto é, clientes, fornecedores, colaboradores, accionistas e sociedade em geral.

As raízes da CaetanoBus remontam a 1946 onde Salvador Fernandes Caetano fundou uma inovadora fábrica de carroçarias para autocarros. Este foi o primeiro passo de um percurso empresarial de sucesso que deu origem em 2002 à CaetanoBus, resultado de uma parceria com o Grupo Americano-Alemão Daimler-Chyler, a qual acabou por terminar em Janeiro de 2010. Todo *“know-how”* adquirido ao longo de mais de meio século de vida, juntamente com uma aposta na inovação e modernização tem marcado a história desta empresa com momentos de sucesso. Entre muitas datas destacam-se as seguintes:

- ❖ 1946 - Início da actividade usando a madeira como matéria-prima base na construção de carroçarias.
- ❖ 1989 - Divisão Fabril de Gaia é certificada de acordo com a Norma EN NP 29002. Sendo o 1º do sector automóvel e o 5º do país.
- ❖ 1996 - Certificação da Divisão Fabril de Gaia segundo a Norma NP EN ISO 9001:1995.
- ❖ 1997 - Lançado o programa Empresa Verde.
- ❖ 2000 - Arranque do sistema de gestão integrada dos processos logísticos SAP/R3.
- ❖ 2002 - Certificação da CaetanoBus segundo a NP EN ISO 9001:2000 pela APCER e KBA (Ministério Transporte Alemão).

- ❖ 2003 - Desenvolvimento das actividades relevantes à certificação ambiental de acordo com a NP EN ISO 14001 e Regulamento EMAS.
- ❖ 2004 - Certificação da CaetanoBus segundo a NP EN ISO 14001:1999 pela APCER.
- ❖ 2011 - Certificação da CaetanoBus segundo a NP EN ISO 9001:2008 pela APCER.

## 2.1. Estrutura organizacional do departamento da qualidade

O departamento da qualidade tem um papel fundamental, visto que garante a conformidade do produto de acordo com as especificações dos clientes. Mais do que isso o departamento tem que analisar os requisitos do cliente, tendo em vista aumentar a sua satisfação. Adicionalmente, assegura a comunicação com o cliente, fornecedores, subcontratados e entidades oficiais. Por outro lado o departamento da qualidade garante o funcionamento do sistema de gestão da qualidade e do seu suporte documental. Coordena todas as actividades, documentos e registos relacionados com auditorias, e é ainda responsável por implementar e rever acções correctivas e preventivas. Por fim, é a cargo do departamento da qualidade que está a responsabilidade de analisar e decidir sobre as “não-conformidades” do produto, dos materiais, dos equipamentos de medição, das auditorias aos processos e produtos e do sistema da qualidade. Para garantir o cumprimento pleno de todas estas funções o departamento da qualidade está organizado conforme o organigrama apresentado na figura 7.

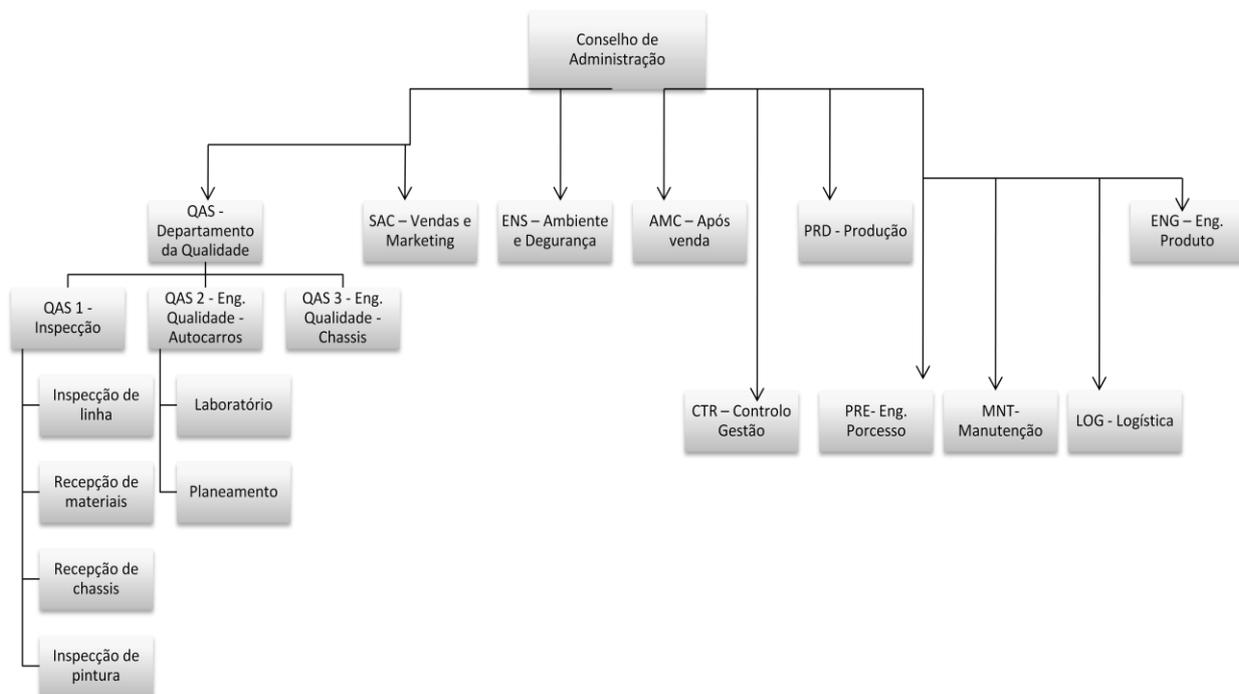


Figura 7 - Organigrama da empresa, com o departamento da qualidade expandido.

Como se pode observar na figura anterior o departamento da qualidade divide-se em em três sub-departamentos, este estudo irá incidir sobre o departamento denominado QAS1. O QAS1 é responsável pela inspecção durante o processo de fabrico e recepção de materiais e chassis. O controlo durante o processo de fabrico é realizado da seguinte forma: após terminadas determinadas certas operações de fabrico existe um posto de controlo denominado por “porta da qualidade”. Nas “portas da qualidade” o carro é inspeccionado por um inspector da qualidade e se cumprir os requisitos avança, caso contrário a produção terá de efectuar as correcções necessárias e de seguida o carro avança.

## **2.2.Processo de Fabrico: Controlo e Inspeção**

O processo de produção de autocarros na CaetanoBus desenrola-se através de várias etapas, no final das quais se encontram as “portas da qualidade”. Estas têm como objectivo detectar as características não conformes e promover a sua resolução a curto e longo prazo.

Dado que o objectivo deste trabalho visa a melhoria do sistema de controlo das “portas da qualidade” é imprescindível enquadrar a sua localização, o que cada “porta da qualidade” tem de analisar/avaliar e como estas interagem entre si e entre a produção. Na figura 8 pode-se observar um fluxograma geral do processo de fabrico e de inspecção e ensaio. De referir que o processo é específico para o modelo “Levante”, dado que durante a realização deste trabalho este foi o modelo produzido 75% do tempo, apesar do processo ser semelhante para os outros modelos produzidos

Durante o processo de fabrico estão presentes dois tipos de cliente o externo e o interno. O cliente externo como o próprio nome indica é o cliente final, quem compra o produto. É aquele também a quem a empresa quer satisfazer na sua plenitude, dado que depende dele para a sua existência. O cliente interno é o departamento, operador ou neste caso, a equipa de produção que recebe o carro para mais uma etapa de construção. A existência do cliente interno é de extrema importância para se garantir um cliente externo satisfeito, pode-se mesmo afirmar que é o instrumento que garante tal fim. Por este motivo deve-se promover um vínculo entre satisfação do colaborador e satisfação cliente, criando-se assim uma relação de co-responsabilidade entre empresa e colaboradores.



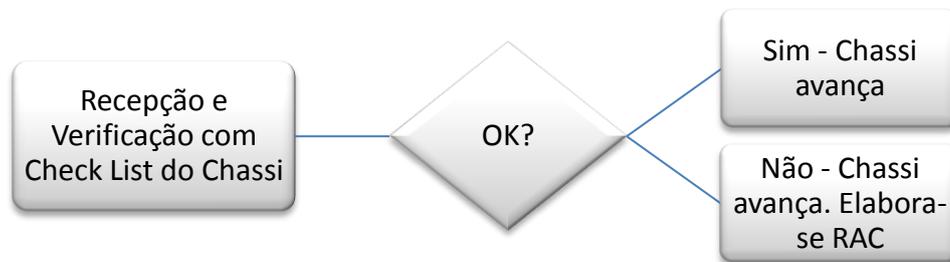
**Figura 8** - Fluxograma geral de produção e de inspeção e ensaio. A abreviatura PQ significa “porta da qualidade”.

Desde a PQ0 até à PQ5 (também intitulada inspeção final), são preenchidos relatórios de inspeção que acompanham o carro até à sua saída, sendo parte integrante do processo de realização do carro. Os relatórios de inspeção são preenchidos e validados pelos inspectores da qualidade, sendo assim garantida a conformidade do carro naqueles pontos da sua entrega ao cliente (tanto interno como externo). Faz parte do relatório de inspeção as *check lists*, relatório de soldadura e pintura, e ficha de recepção de chassis, entre outros registos.

As *check lists* preenchidas pelo inspector obedecem ao seguinte procedimento de trabalho: o inspector examina o autocarro na determinada fase de construção, preenche se os pontos estão conformes (C), não conformes (NC) ou não realizados (NR), e os motivos da NC ou NR (primeira verificação). As não-conformidades, são corrigidas prontamente pela produção e é realizada nova inspeção (segunda verificação). Se desta vez os requisitos tiverem sido cumpridos faz-se a aprovação/certificação caso contrário, a produção será mais uma vez informada da situação para proceder a sua correcção.

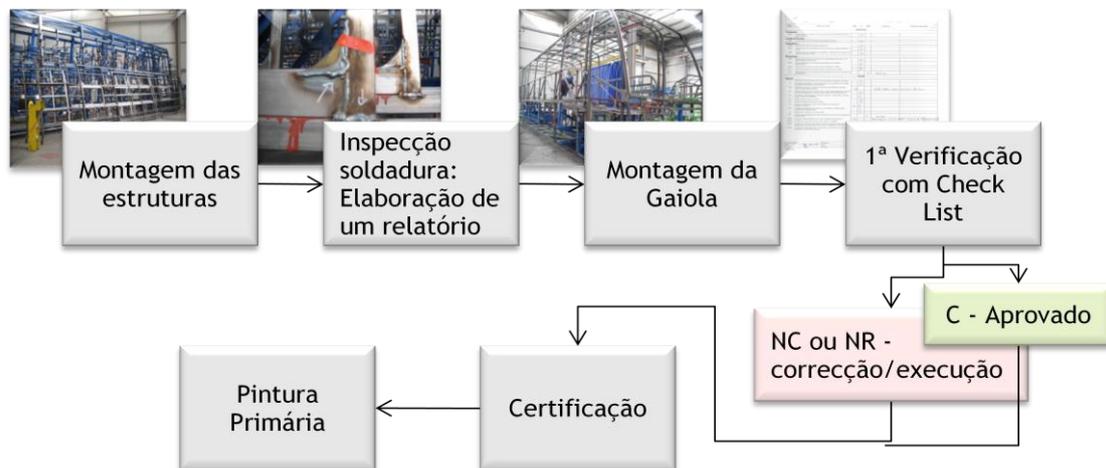
### 2.2.1. Porta da Qualidade 0

A primeira “porta da qualidade” denomina-se “porta da qualidade” 0, e inclui duas operações distintas, recepção do chassis e montagem da estrutura inicial denominada gaiola. A recepção de chassis é realizada na secção 01/02, a construção da estrutura inicial é efectuada na secção 4017. Os fluxogramas com as etapas efectuadas pela qualidade estão apresentados nas figuras 9 e 10.



**Figura 9-** Fluxograma das etapas realizadas pelo inspetor da qualidade.

A recepção do chassis é feita pelo inspetor da qualidade, que tem como função verificar do chassis segundo a *check list* criada para o efeito, elaborar o RAC`S (relatório de anomalias chassis), garantir a entrada do chassis na linha, e o seu armazenamento e conservação no parque. Os defeitos mais frequentes que originam uma RAC ao fornecedor são de baixa complexidade, por exemplo: suporte aonde aperta a bateria partido, tubo de água (aplicado na traseira junto ao depósito de expansão) roto, electroválvula avariado, manete avariada, botão de navegação de painel de instrumentos não funciona, entre outros. Quando o chassis entra na linha o fornecedor por norma já repõe o material que se encontrava não conforme, faz parte das funções do inspetor assegurar a substituição do componente em causa.



**Figura 10 -** Etapas realizadas desde a célula até à pintura primária da gaiola.

Antes da montagem da gaiola é necessário proceder à construção dos quatro painéis e tejadilho que lhe darão origem. Após a construção estes são verificados por um inspetor da qualidade ao nível da soldadura, os defeitos são corrigidos antes dos painéis e tejadilho serem unidos. Após a união das diferentes estruturas as soldaduras voltam a ser avaliadas, assim como outros pontos: abertura para vidros com o respectivo molde, perfil de fixação

de bancos, etc. Os defeitos de soldadura assim como a sua localização são registados num relatório criado para esse fim, os restantes pontos são registados numa *check list*. Depois da aprovação/certificação o carro é transportado para a estufa onde é realizada a pintura primária.

### 2.2.2. Porta da Qualidade 1

Após a pintura primária o carro é transportado para a secção 01/02 onde se termina a etapa de estrutura. A primeira tarefa é a união do chassis à gaiola, de seguida procede-se ao reforço de componentes e início do chapeamento. Todas as ligações efectuadas precisam de ser igualmente pintadas por primário, esta é a operação que se segue. Após estas etapas faz-se a aplicação dos painéis e verificam-se as características com uma *check list*.

Na figura 11 pode-se observar a sequência das operações que ocorrem desde a entrada da gaiola até à etapa do revestimento.



Figura 11 - Fluxograma das etapas desde a entrada da gaiola até ao revestimento.

Pode-se concluir que a “porta da qualidade” 1 tem como principal objectivo garantir a conformidade de algumas características referentes à estrutura e chassis, como por exemplo, empenos e aberturas segundo o molde estabelecido, verificação do número de chassis, verificação das ligações do chassis à gaiola, assim como a pintura destas.

### 2.2.3. Porta da Qualidade 2

Na figura 12 pode-se ver em pormenor a sequência das etapas desde a PQ1 até a entrada da estrutura na pintura. A produção divide-se em três postos nesta fase, em que

se faz a montagem de tampas, frente, traseira e soalho. Todos estes componentes têm de ser nivelados e alinhados, esta é a última etapa em que operações de soldadura podem ser realizadas, daí a importância da “porta da qualidade” 2. Esta funciona como último “filtro” para aspectos que se forem detectados não-conformes mais à frente serão considerados mais graves devido às operações que exigem para a sua correcção.

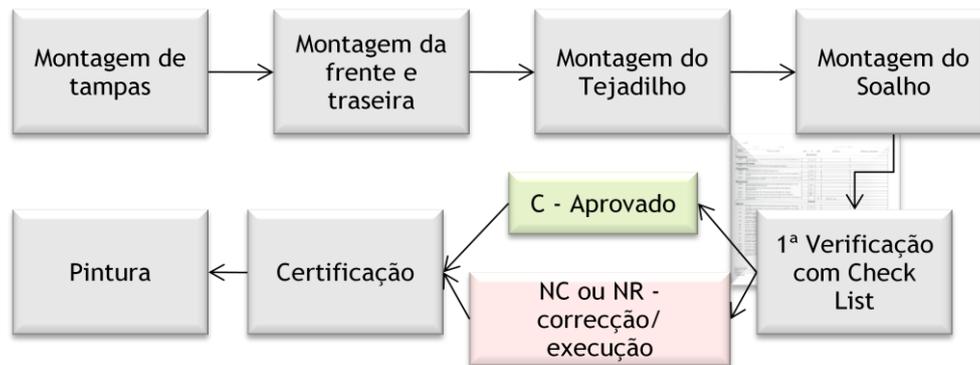


Figura 12 - Etapas de construção e controlo do carro desde o chapeamento até a pintura.

#### 2.2.4. Porta da Qualidade 3

A “porta da qualidade” 3 localiza-se na secção 04/05 e tem por objectivo garantir que as espessuras de primário anticorrosivo, primário geral, sub capa, esmalte e brilho final cumpram os requisitos especificados para o produto. Assim como garantir que a pintura não apresenta falhas e/ou falta de tinta.

O processo de inspecção e ensaio realizado pela qualidade acompanha as diferentes etapas do processo de pintura realizado. Como se observa na figura 13 o processo de pintura inicia-se com a aplicação de primário na gaiola, seguindo-se a etapa de chapeamento onde se realizam soldaduras que são posteriormente pintadas de acordo com o procedimento de trabalho. Depois finalizado o chapeamento da estrutura faz-se a preparação do carro para a fase de pintura exterior.

O processo de pintura exterior divide-se em várias fases, inicia-se com a preparação para aplicação do primário - lixamento e desgorduramento; seguidamente aplica-se o primário nos painéis e tampas. Após esta etapa procede-se à regularização de superfícies (aplicação de betumes), posteriormente aplica-se a subcapa (duas mãos de pintura) em todo o carro. De seguida ocorre o lixamento, de seguida o carro é encaminhado para a estufa onde é lavado, soprado, limpo e por fim pintado. Por último, realiza-se a inspecção da parte inferior do carro e o registo dos valores recolhidos no relatório de pintura.

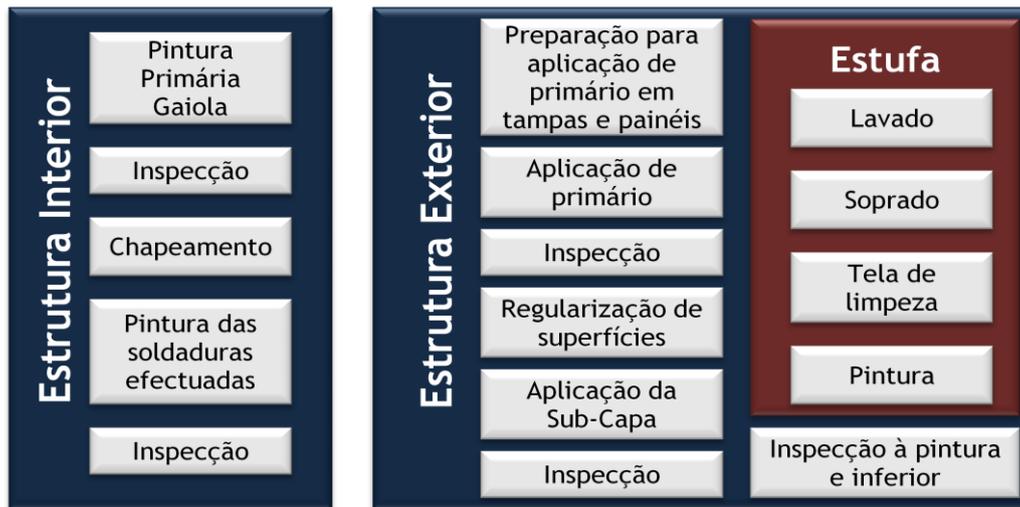


Figura 13 - Etapas realizadas na secção de pintura.

De salientar que faz parte do procedimento de controlo a pintura de placas de testemunho, estas devem ter uma pintura de primário, subcapa e esmalte, com a respectiva referência. São realizadas igualmente medições de espessura e estas devem estar de acordo com o procedimento de trabalho, não sendo admissíveis espessuras inferiores ao valor mínimo estabelecido.

Os critérios de qualidade de pintura variam conforme a zona do carro, ou seja, o nível de aceitação varia de perfeito a baixo. No caso das zonas exteriores e interiores o nível de pintura tem que ser perfeito, nas bagageiras e tejadilho o nível de aceitação é moderado, e para as tampas manutenção o nível de aceitação é baixo.

Nas zonas interiores e exteriores os defeitos são ainda classificados em moderados, graves ou muito graves, conforme a sua localização. Ou seja, se o defeito se encontrar no ângulo de visão é considerado muito grave, porque é facilmente detectado. Se encontra-se abaixo da linha de ângulo de visão é considerado grave, se pelo contrário se encontrar acima do ângulo de visão é moderado. Na figura 14 é possível observar a criticidade dos defeitos conforme a sua localização.



Figura 14 - Criticidade dos defeitos segundo a sua localização.

As falhas ao nível da pintura não são imediatamente corrigidas dado que o processo de montagem do carro continua podendo ocorrer situações imprevistas que prejudiquem/danifiquem a pintura. Os defeitos são registados numa “máscara de carro”. Após concluída a montagem do carro é realizada uma nova inspecção e registados os defeitos que surgiram, num impresso semelhante ao da primeira verificação. As partes que se encontram conformes são isoladas e as restantes repintadas.

#### 2.2.5. Porta da Qualidade 4

As operações que antecedem a “porta da qualidade” 4 são denominadas acabamentos. Os acabamentos consistem na montagem interior e exterior dos componentes em falta. A produção divide-se em seis postos cujas operações estão discriminadas no esquema da figura 15. No final do posto seis o inspector da qualidade verifica com o apoio de uma *check list* se os componentes estão montados correctamente, e as suas funcionalidades.

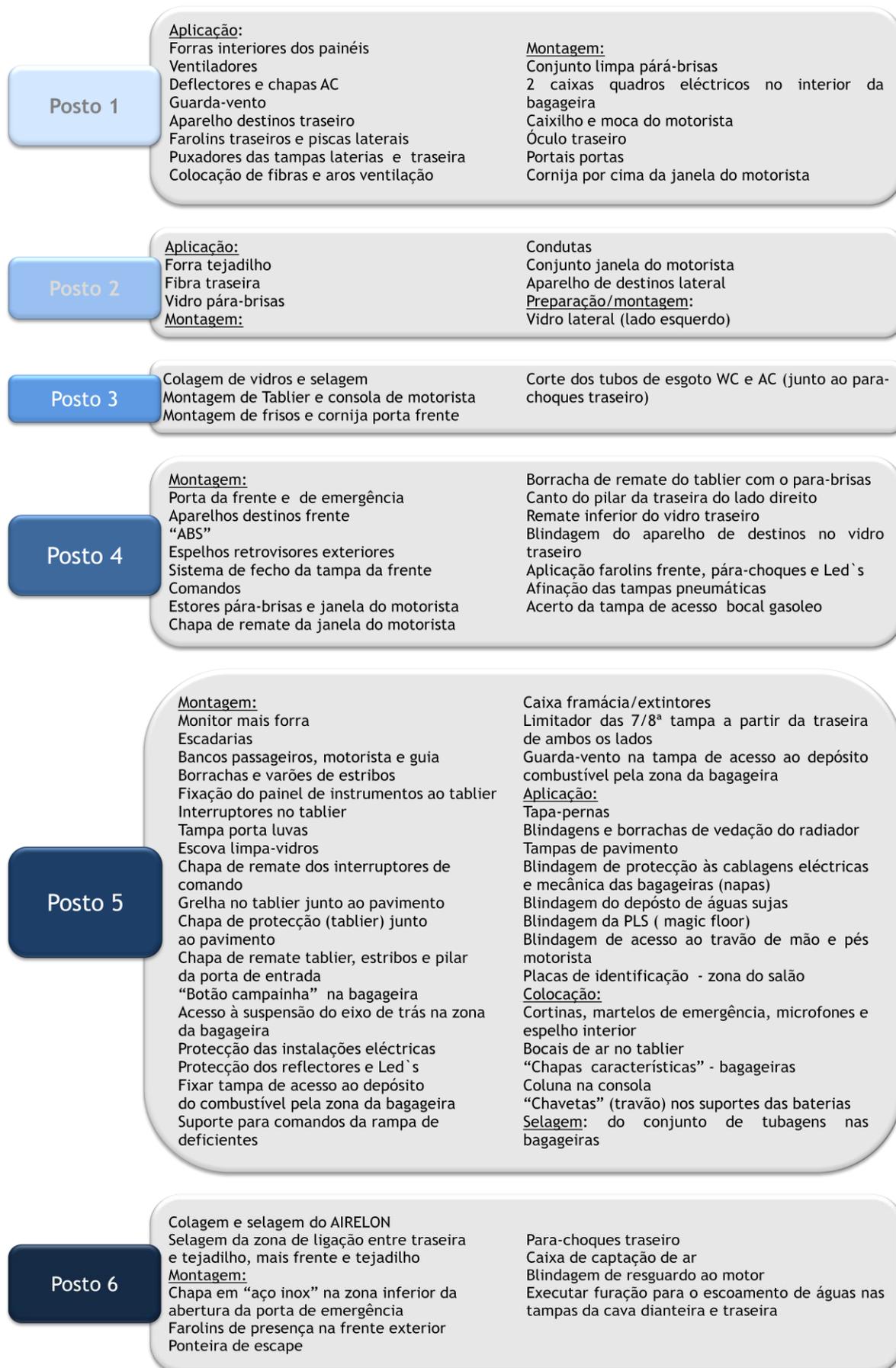


Figura 15 - Operações realizadas por posto durante a fase de acabamentos.

### 2.2.6. Porta da Qualidade 5

A “porta da qualidade” 5 também denominada por inspecção final é onde decorrem os testes finais e preparação do autocarro para entrega ao cliente, e está localizada na secção 10. Esta última fase de inspecção tem como objectivo garantir que o veículo cumpre todos os requisitos impostos pelo cliente e detectar alguma eventual falha que não tenha sido assinalada anteriormente.

Os testes finais realizados dividem-se em testes de funcionalidade, de estrada e de água. Todos os testes realizados pretendem simular o funcionamento dos equipamentos em condições normais e severas. Sendo também realizada uma última inspecção visual que tem como objectivo garantir que o veículo está conforme visualmente, ou seja, que o autocarro se encontra limpo, com todos os autocolantes e acessórios.

O teste de funcionalidade como o próprio nome indica pretende garantir que todos os equipamentos (consola, Áudio/vídeo, AC, luzes, etc) cumprem os requisitos em funcionamento normal, como em situações de limite.

O teste de estrada inclui a primeira viagem do autocarro na estrada, é neste teste que se tem percepção de tudo o que o cliente vai ver e ouvir. Mais uma vez são testados todos os equipamentos eléctricos, pneumáticos e hidráulicos.

O teste de água tem como objectivo testar a estanquicidade do autocarro, seguindo o princípio aplicado aos testes anteriores, este deve simular as piores condições possíveis, neste caso as piores condições atmosféricas.

### 2.2.7. Base de dados - QES

Ao longo de todo o processo uma das ferramentas de trabalho mais importantes da qualidade é a base de dados QES - Gestão da Qualidade. Entre muitas das suas funções, de referir que é através da base de dados que as NC`S (não-conformidades) e RAC`S (relatórios de anomalias de chassis) são preenchidas e enviadas ao fornecedor, e ficam automaticamente armazenadas. Também é através desta que as listas de verificação de carro são impressas, ou seja, esta armazena as listas consoante o modelo, permite a alteração de pontos de controlo, assim como retirar ou acrescentar. O preenchimento das *check list* faz-se em papel e em formato digital, seguindo o primeiro no carro e o segundo fica armazenado em suporte digital. Existe ainda um grupo denominado UP/AP`<sup>3</sup> que são as reclamações que podem surgir no cliente antes de os veículos estarem a circular, e na

---

<sup>3</sup> UP/AP são siglas de palavras em alemão. AP em alemão é Abnahmeprotokoll e ÜP - Überführungsprotokoll. E a sua tradução é respectivamente, aceitação de relatório e protocolo de verificação.

sequência da primeira verificação pelo cliente (são as primeiras reclamações de “não-conformidades” que podem ser emitidas pelos clientes).

### 3. Descrição do Problema, Objectivos e Metodologia

#### 3.1. Descrição do Problema e Objectivos

A “porta da qualidade” 5 é caracterizada por receber carros com muitos pontos de controlo não verificados na “porta da qualidade” 4. O principal motivo desta situação é o carro estar atrasado no processo de fabrico, não tendo os componentes montados impedindo o inspector de testá-los e aprová-los. Por vezes, surge ainda a necessidade de efectuar correcções na estrutura na fase de acabamentos. Estes defeitos são classificados, segundo o índice de gravidade de muito graves, dado que as operações a realizar ao nível da estrutura envolvem processos de soldadura, rebarbagem e pintura. Ou seja, soldar ou rebarbar nesta fase é de elevado risco pois pode danificar componentes do carro. Por outro lado, o processo de pintura envolve várias camadas, e para garantir a protecção do ponto corrigido é necessário efectuar todos os passos novamente, o que envolve um elevado custo de horas de trabalho e de materiais.

Assim, o objectivo deste trabalho é aumentar o nível de exigência das portas da qualidade evitando que defeitos na estrutura cheguem à fase de acabamentos, e em parceria com a produção eliminar as causas que contribuem para os atrasos no processo de fabrico, fazendo com que o carro chegue incompleto à “porta da qualidade” 5.

Existem vários modelos de carro, no decorrer deste trabalho a produção será essencialmente do modelo “Levante”, as melhorias serão por isso propostas para este modelo. No entanto, ter-se-á em atenção a sua extensão aos restantes modelos, sempre que estes evidenciem os mesmos defeitos.

#### 3.2. Metodologia Utilizada

Inicialmente o estudo consistiu na familiarização com a empresa e o processo de fabrico, controlo e inspecção. A etapa seguinte incidiu em cada uma das “portas da qualidade”.

O estudo de cada “porta da qualidade” seguiu o seguinte procedimento:

1. Acompanhamento do inspector no processo de controlo e inspecção, e no preenchimento de *check lists* e de “NC`S” (se estas tivessem ocorrido);
2. Recolha de dados quantitativos sobre as características NC e NR dos carros, através da consulta dos relatórios guardados na base de dados “QES”;
3. Tratamento dos dados através de métodos estatísticos;

- 3.1. Utilização do diagrama de Pareto para hierarquização das características NC e NR;
4. Identificação das falhas e respectivas causas;
  - 4.1. Aplicação de diagrama de Ishikawa e metodologia 8D;
5. Definição e implementação de acções de melhoria;
6. Monitorização das acções implementadas.

A metodologia utilizada no estudo de melhoria realizado ao “teste de água” seguiu o seguinte procedimento:

1. Acompanhamento do inspector na realização do teste e preenchimento da *check list*;
2. Estudo da estrutura do teste e o do seu funcionamento;
3. Identificação das falhas e respectivas causas;
4. Definição de acções de melhoria;
5. Ensaio das possíveis soluções de melhoria;
6. Definição da acção final de melhoria;
7. Implementação da acção definida.

## 4. Análise do Problema e Propostas de Melhoria

### 4.1. Identificação das Falhas e Respectivas Causas

*“Quando se pode medir aquilo que se está a falar e exprimi-lo em números, sabe-se algo sobre isso; mas quando a questão não se pode medir, quando não se pode exprimi-la em números, o nosso conhecimento é de um género deficiente e inspiratório [20].”*

Lord Kelvin, 1881

Como evidenciou Lord Kelvin, a tomada de acções deve ser baseada em dados concretos, se possível, quantitativos. Daí a importância da utilização de métodos (estatísticos) que permitam a recolha e análise de dados quantitativos que expressem as características do processo. E que permitam, no caso de se recorrer a amostragens extrapolar os resultados para o todo do produto ou do processo. Assim, procurou-se analisar as falhas e causas através de dados quantitativos [11].

A análise dos dados do processo está dividida pelas “portas da qualidade”, com a excepção da “porta da qualidade” 4 que será analisada em conjunto com a “porta da qualidade” 5.

#### 4.1.1. Porta da qualidade 0

Durante o processo surgem defeitos que darão origem ao não cumprimento dos requisitos que a gaiola tem de cumprir antes de passar para etapa seguinte do processo. É necessário portanto, uma análise que permita identificar as não-conformidades mais frequentes e as suas causas, de forma a delinear um plano para as reduzir e/ou eliminar. Na figura 16 apresenta-se o diagrama de Pareto referente às primeiras quarentas gaiolas controladas e validadas/certificadas pela qualidade, sendo os dados referentes à primeira verificação.

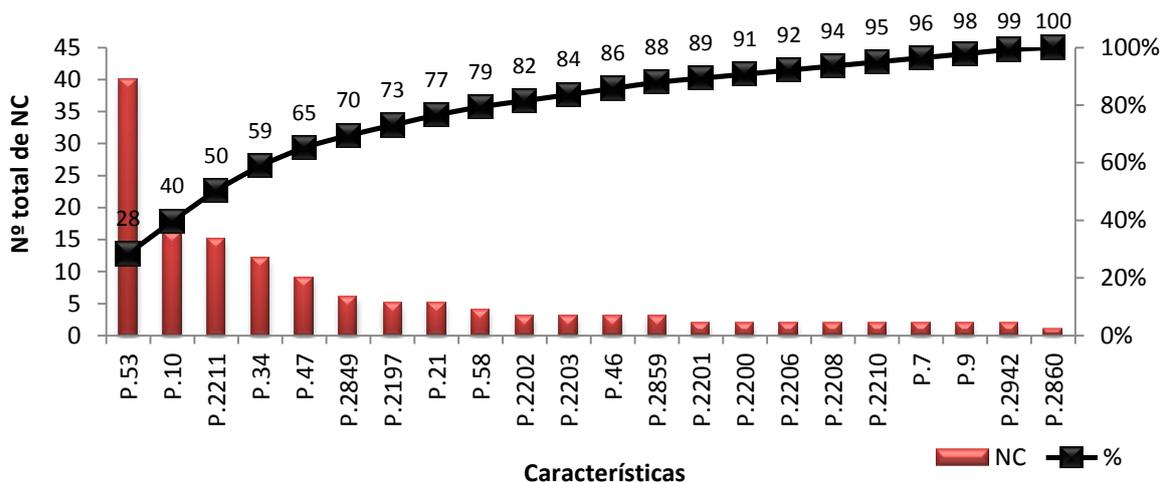


Figura 16 - Diagrama de Pareto das características identificadas como NC na 1ª Verificação.

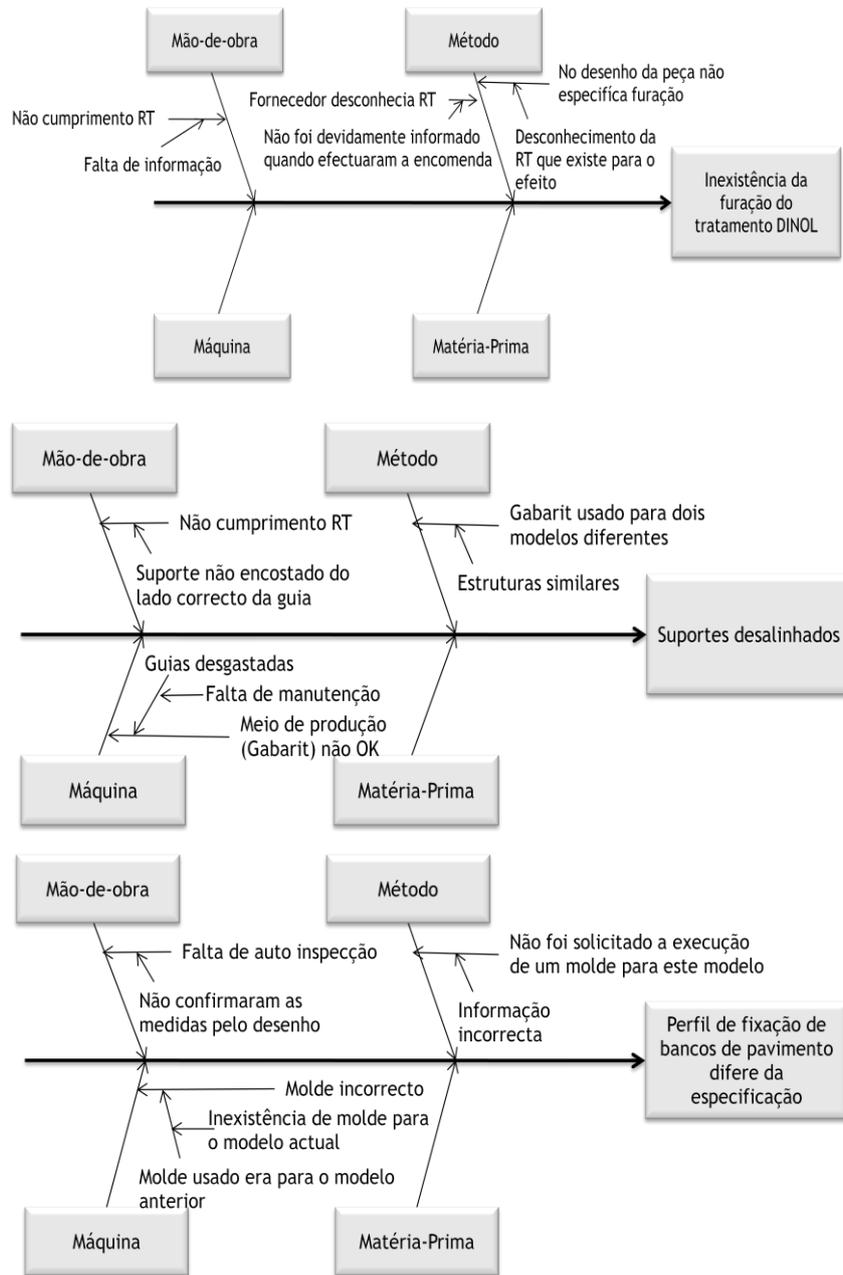
Ao analisarmos os resultados, nota-se que 70% do total das NC deve-se a 30% das características consideradas NC, ou seja, a seis características - P.53, P.10, P.2211, P.34, P.47 e P.2849. Após a discussão com os responsáveis pela qualidade decidiu-se estudar as cinco primeiras.

O ponto 53 passou a ser estudado e corrigido por uma equipa específica devido à sua dimensão e complexidade. A abordagem centrou-se nos quatro pontos seguintes:

- P.10 - Verificar furação para aplicação do tratamento DINOL no tubo sobre a almofada traseira;
- P.2211 - Posicionamento dos suportes para fixação da conduta;
- P.34 - Suportes dos amortecedores das tampas das bagageiras devem ter uma distância de 495 mm até à cinta inferior do painel;
- P.47 - Perfil de fixação dos bancos no pavimento.

O passo seguinte consistiu em analisar (através do uso das ferramentas da qualidade: diagramas de dispersão, *brainstorming*, etc.) as causas que originam os defeitos

nas características que são controladas, para isso construíram-se diagramas de Ishikawa (visíveis na figura 17).



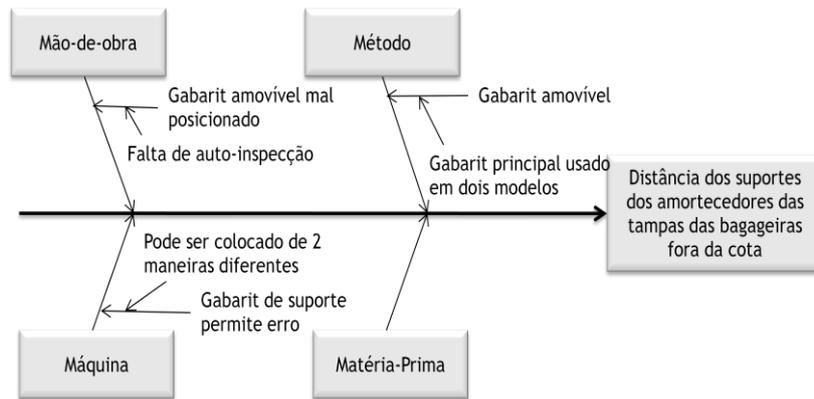


Figura 17 - Diagramas de Ishikawa para os quatro defeitos mais importantes.

#### 4.1.2. Porta da qualidade 1

Os dados recolhidos da “porta da qualidade” 1 referem-se à produção de quarenta carros (figura 18). Concluimos que 69% das não-conformidades apontadas são referentes a apenas ao ponto 49 (Tensão e alinhamento das correias do ar condicionado), 31% representam cinco “não-conformidades” detectadas em três pontos distintos. Trata-se de defeitos que aparecem de forma irregular e diminuta, não justificando por isso uma análise das causas que determinam o seu aparecimento.

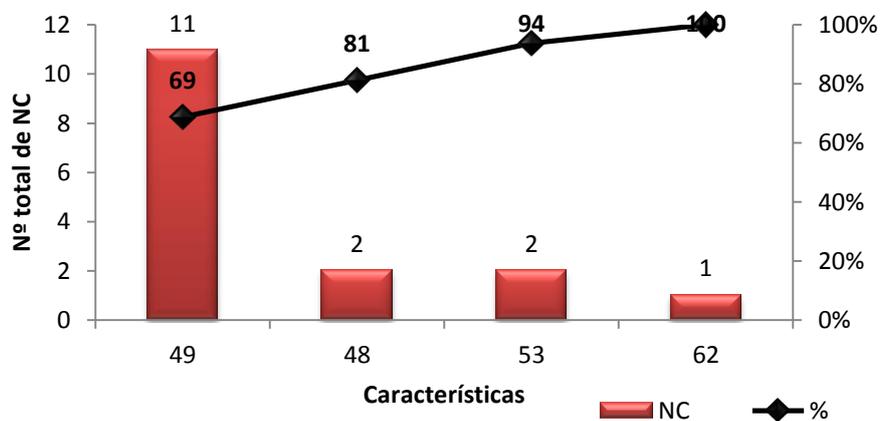


Figura 18 - Diagrama de Pareto 1ªVerificação após a etapa de chapeamento - PQ1.

A causa detectada para o aparecimento do defeito desalinhamento das correias do ar condicionado foi a alteração do tipo de compressor e a não preparação adequada dos meios de produção e colaboradores.

### 4.1.3. Porta da qualidade 2

A “porta da qualidade” 2 é de extrema importância devido a sua localização no processo de fabrico. Após esta fase o carro segue para a pintura, acabamentos e inspecção final. Qualquer falha ou falta de componente na fase de acabamentos ou inspecção final é considerada grave ou muito grave. Quanto mais invasivo for o processo de correcção mais gravosa é considerada a não-conformidade em causa. Por exemplo, se a correcção exigir a utilização de um processo de soldadura é muito gravosa, pois para além da soldadura é necessário repetir todos os processos de pintura de protecção daquela estrutura. E como se relatou no subcapítulo “Processo de fabrico: controlo e inspecção - “porta da qualidade” 3”, o processo de pintura é composto por várias etapas, sujeitas a procedimentos específicos, o que torna as correcções morosas e com custo elevado para a empresa. Além disso, o facto de se soldar numa fase tão avançada de construção pode levar à danificação de algum componente, elevando ainda mais os custos e horas de trabalho.

Segundo a análise de Pareto realizada, verifica-se que as NC detectadas na primeira verificação (figura 19), são sobretudo referentes ao nivelamento de tampas. Assim sendo, pode-se esperar que não surjam falhas graves ou muito graves nas etapas seguintes.

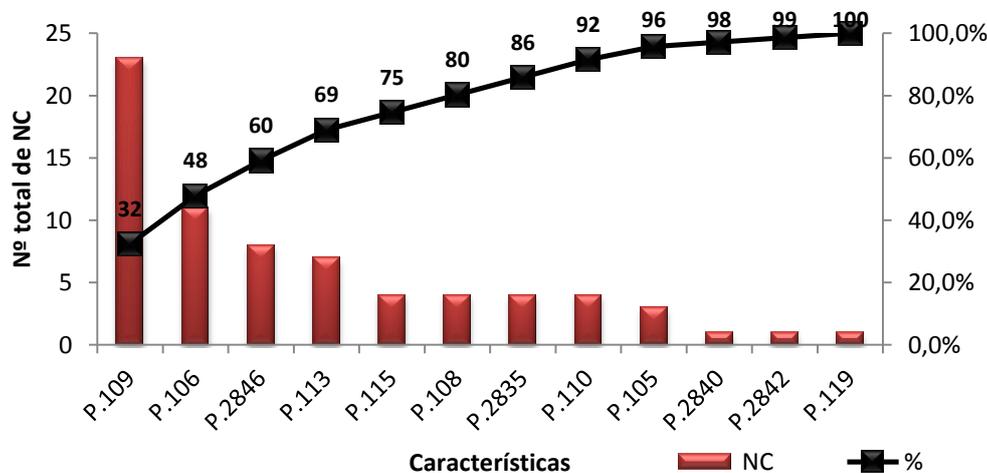


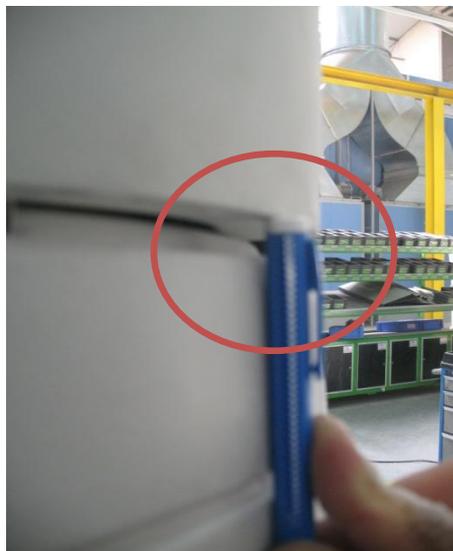
Figura 19 - Diagrama de Pareto relativo a PQ2.

Em concreto, os defeitos que mais se salientam são relativas a: P.109 - Folga, função e nivelamento da tampa sob a janela do motorista; P.106 - Aplicação/folgas/faceamentos: tampa e grelha da frente - 9 +/- 1mm; P.2846 - Garantir faceamentos tampas laterais; P.113 - Verificar folga e faceamento da tampa de acesso ao bocal de combustível (lado esq.e dir.) / Ad-Blue (lado esq); P.115 - Folgas, alinhamentos e esticadores nas tampas laterais do lado esquerdo e direito (abertas e fechadas). Podemos

concluir que o problema em todos os pontos é comum: não há nivelamento ou existem folgas nas tampas. As causas destes problemas podem ser originados por: erro humano (mão-de-obra) e má utilização dos meios de produção.

O facto de o gabarit admitir diferenças mínimas na estrutura leva a que após aplicação, algumas das tampas fiquem desniveladas, havendo zonas em que o problema é mais visível - zona sob a janela do motorista.

O segundo factor depende dos operadores que como se sabe é um factor fundamental, dado que toda a montagem da estrutura no gabarit até a montagem das tampas é realizada pelos operadores. A título de exemplo apresenta-se na figura 20 o desnivelamento de uma traseira quando montada na estrutura. Estes desnivelamentos vão originar um processo de lixamento até as faces ficarem niveladas. O lixamento, se excessivo vai aumentar a probabilidade de ocorrência de dois tipos de defeito na pintura, poros e bolhas. Este desnivelamento da traseira vai induzir também uma alteração na colocação dos painéis laterais, que por sua vez influênciam a montagem das tampas. Concluindo, é fundamental que no processo de montagem os componentes fiquem alinhados; uma variação na estrutura induz a variações posteriores como se acabou de citar. O factor humano fortemente influente no processo, acaba por ser uma causa dos vários defeitos que vão surgindo ao longo do processo.



**Figura 20** - Desnivelamento da parte superior da traseira em relação à parte inferior.

#### **4.1.4. Porta da qualidade 3**

A “porta da qualidade” 3 tem como objectivo a medição de espessuras das diferentes camadas de tinta e a detecção de defeitos de pintura, sinalizando-os para correcção.

Visto que a inspeção visual ocorre em duas fases do processo de produção (1ª após a pintura, 2ª após a etapa dos acabamentos e apenas em casos excepcionais ocorre uma 3ª verificação) os dados sobre os defeitos na pintura também são apresentados em separado. A figura 21 apresenta o diagrama de Pareto da 1ª verificação onde foram analisados os resultados de 68 carros. Conclui-se que 20% dos problemas representam 45% dos defeitos apresentados, ou seja, poros, escorridos e lixo (ver figura 22 a 24).

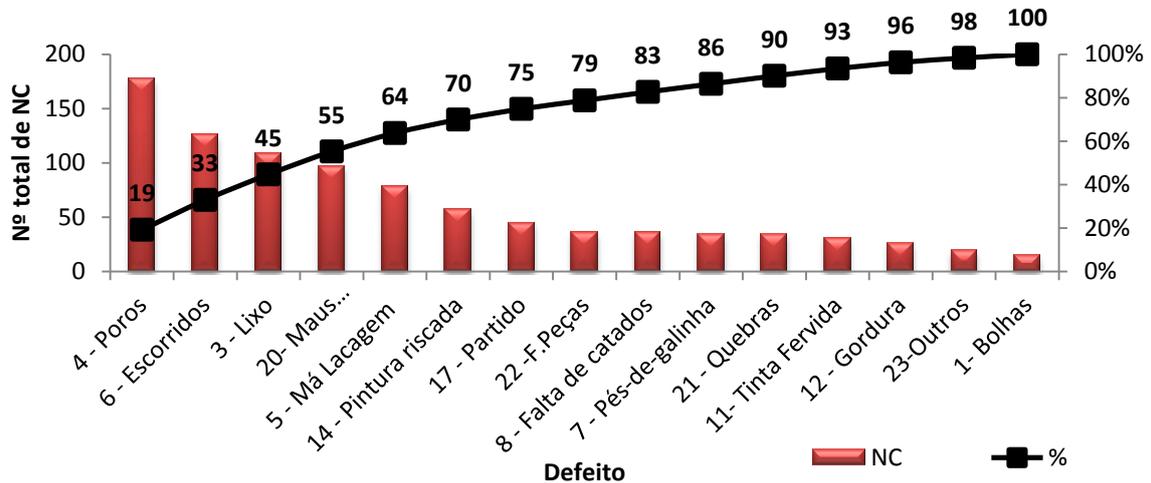


Figura 21 - Diagrama de Pareto da 1ª Verificação da PQ3.



Figura 22 - Escorridos [23].



Figura 23 - Poros [23].



Figura 24 - Lixo [23].

Dos três defeitos mencionados o que surge em maior percentagem é poros (19%), este defeito pode ser descrito como pequenas cavidades redondas do tamanho da cabeça de um alfinete, cuja profundidade vai até à camada de sub-capa.

A aplicação insuficiente de betume ou a espessura excessiva das camadas, em conjugação com um processo de secagem forçado pode levar ao aparecimento indesejado de poros [24].

Os vulgarmente chamados “escorridos” representam 14% da totalidade dos defeitos. Os escorridos podem ser definidos como acumulações de tinta em forma de gota ou ondas em superfícies verticais. As causas que conduzem a esta falha são diversas, mais uma vez

recorreu-se ao diagrama de Ishikawa para mostrar essas causas. Na figura 25 pode-se analisar o diagrama de Ishikawa referente ao defeito de pintura escorrida.

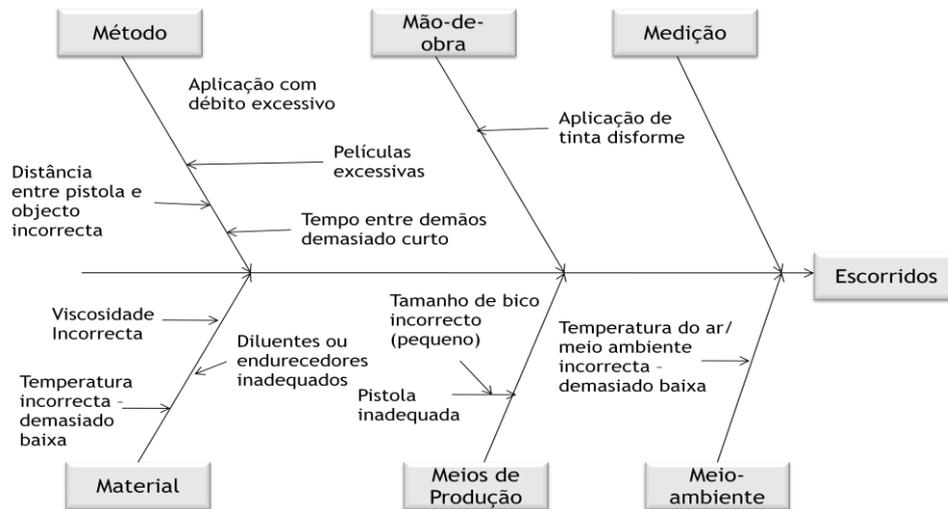


Figura 25 - Diagrama Ishikawa - Causas que podem estar na origem dos escorridos.

O terceiro defeito a ser analisado foi o “lixo” (12%). As causas que podem potenciar esta falha dividem-se em três grupos: material, meios de produção e meio ambiente. Neste caso em concreto as causas poderam ter origem na: má limpeza da superfície do carro antes da aplicação de tinta, nos filtros de ar (que necessitam de ser substituídos) ou na pressão da cabine de pintura (demasiado baixa) [23, 24].

A 2ª verificação ocorre após a fase de acabamentos, neste caso os possíveis defeitos terão uma grande influência do factor humano. Na figura 26 pode-se verificar os defeitos de pintura após acabamentos. Os resultados são referentes a 39 carros.

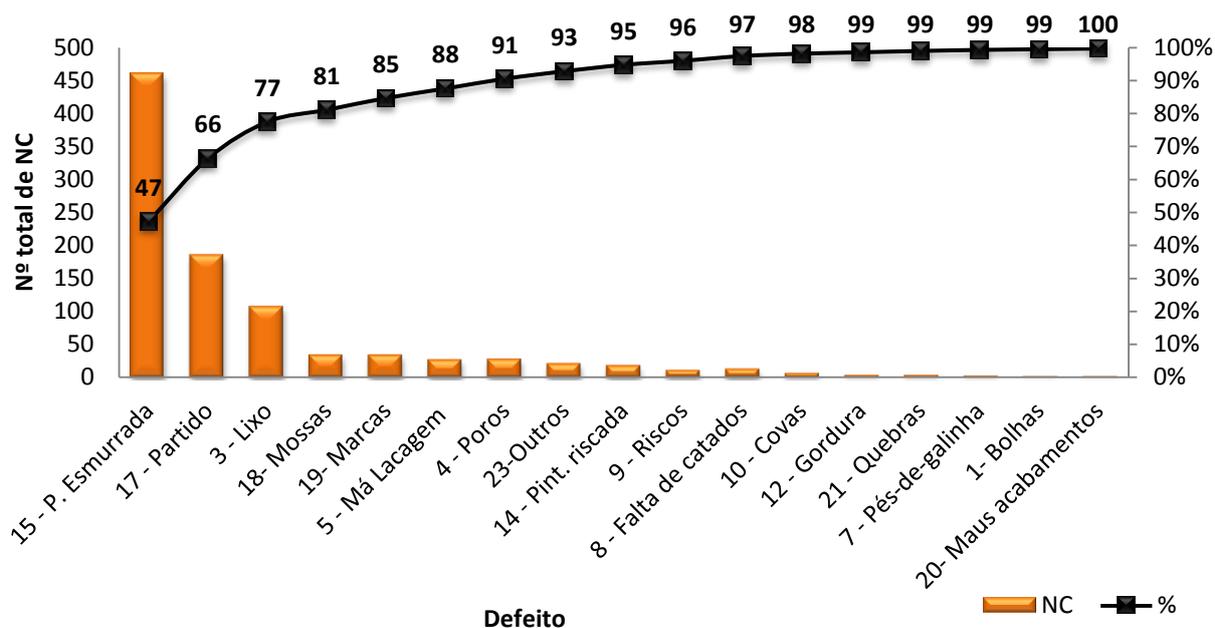


Figura 26 - Diagrama de Pareto da 2ª Verificação da PQ3

Como se pode concluir da figura 26 o diagrama de Pareto evidencia a regra 80-20, ou seja, 20% dos defeitos (≈3 tipos de defeitos) representam 80% da quantidade total de não-conformidades. Neste caso “pintura esmurrada”, “partido” e “lixo” representam 77% da totalidade de defeitos.

Levantou-se a questão de estes defeitos aparecem de forma uniforme pela superfície do carro ou em zonas específicas. Para esclarecer esta questão, dividiu-se o carro em quatro partes: painel esquerdo, traseira, painel direito e frente, e distribuíram-se os defeitos por estas partes como se pode constatar na tabela 6.

Tabela 6 - Localização dos defeitos de pintura detectados na 2ª verificação.

Defeito	Painel esquerdo							Traseira				Painel Direito							Frente					Total					
	Porta	Friso P. Ld.	C.D.	T.	C.T.	G.	PN	part sup.	Friso	Farolins	T.	tras	Part. Lado inf.	Part. Lado sup.	G.	porta T	C.T.	T.	PN	C.D.	Friso	Porta F	Farolins		Cinz. Esc.	G.	Lat.	P.C.	
1- Bolhas					1															1									2
2- Casca de Laranja				1																									1
3 - Lixo	15	6	1	1				21	3	3	2	4	4	2	1	3	2	1	18	20			1					108	
4 - Poros	1		3		1		1	1			3	3	2	2			2			1	2	1	1			2	3	29	
5 - Má Lacagem	3	1	1				2		1		2	2	3	1	1			4			3	1				3		28	
6 - Pingos/ Escorridos																													
7 - Pés-de-galinha				1								2																3	
8 - Falta de catados					2		1	1				1	1				2		1	1	1	1					2	14	
9 - Riscos								1											2				4		1	2	2	12	
10 - Covas				2													3		2									7	
11- Tinta Fervida																												0	
12- Gordura					1			1	1							1												4	
13- Pint. mal executada/falta												1																1	
14 - Pintura riscada	1							3						1			1				3		5		2	2	1	19	
15 - Pintura Esmurrada	7		23	30	16	9	14	1	14	52	6	14	6	7	31	12	20	23	16	10	40	15	31	9	30	24	460		
16 - Corrosão																												0	
17 - Partido	1		19		16			1		21	35	6	12				8	1	2	10		1	4	7	4	29	9	186	
18- Mossas	1				2										17	5		3	3			3					1	35	
19- Marcas					1					4	2	3	3		1	2	18								1			35	
20- Maus acabamentos									1													1						2	
21 - Quebras										1									1	2								4	
22 - F.Peças																												0	
23-Outros	2			1		1	2		1		1						1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	1	22	

**Legenda:** Friso P Ld. - Friso porta lado;C.D - Cava dianteira; T. - Tampas; C.T - Cava Traseira; G.- Grelhas; PN - Painel; Part Sup.- Parte Superior; Tras.- Traseira no geral; Part. Ldo inf.- Parte lado inferior; Porta F.- Porta Frente; Cinz. Esc.- Parte Cinza Escura; Lat.-Lateral; P.C-Pára-choques.

**Nota:** No anexo C encontra-se um esquema do autocarro e localização de cada parte e sub-parte. No anexo F encontra-se um esquema com o carro e as indicações das referentes zonas.

Considerando o defeito “pintura esmurrada” que representa 47% da totalidade dos defeitos, pode-se observar que este ocorre maioritariamente nos farolins da traseira, na porta da frente e na porta de trás do painel direito, na cava dianteira do painel esquerdo e por fim, nas laterais da frente.

O defeito “partido” representa 19% dos defeitos desta segunda verificação; 45% destes defeito encontram-se na traseira “trás”, na frente “laterais” e no friso da porta do lado. Dada a localização pode-se afirmar que o principal contrinuto para o aparecimento deste defeito é o factor humano, dado que as zonas não são consideradas problemáticas ou de difícil acesso.

O último defeito analisado é “lixo”, este representa 11% e divide-se essencialmente pelo friso da cinta das janelas e friso da porta do painel direito. As causas que originam

este aparecimento podem ser má limpeza da superfície do carro ou das ferramentas usadas na aplicação do friso.

#### 4.1.5. Porta da qualidade 4 e 5

As “portas da qualidade” 4 e 5 serão analisadas em conjunto visto que as NC da PQ5 são na sua maioria características NC ou NR detectadas à saída do carro da fase de acabamentos para a preparação final. É importante avaliar se quando é realizada a primeira inspecção na PQ5 o número de características NC e NR diminuíram, em comparação com as registradas na inspecção da PQ4 e, se não, as causas que originam isso. Nestas “portas da qualidade” foi feita uma análise da média dos pontos NC e NR por carro e ao longo do tempo.

A primeira dificuldade do estudo destas “portas” é o facto das *check lists* não se encontrem totalmente preenchidas (na base de dados - formato digital), por isso a amostra é apenas de 25 carros para a PQ4. Em relação à PQ5 os inspectores reportam os resultados em listas escritas à mão, o que torna mais difícil extrair os dados, porque a mesma característica aparece em grupos diferentes conforme o inspector. Para tentar recolher os dados com a maior exactidão possível juntou-se o grupo de características “interior” e “funcionalidades” num só, dado serem estes dois grupos que os inspectores têm mais dúvidas sobre os critérios de classificação. Para a PQ5 a dimensão da amostra foi de 30 carros.

As figuras 27 e 28 permitem ver os gráficos das características classificadas como NC ou NR no final da 2ª verificação da PQ4. Ao observar-se os gráficos é fácil notar que a quantidade de características para correcção na PQ5 é elevada. Mais precisamente 619 pontos NC e 2301 pontos NR. Se dividirmos por 25 carros tem-se a média de 25 pontos NC e 92 pontos NR por carro.

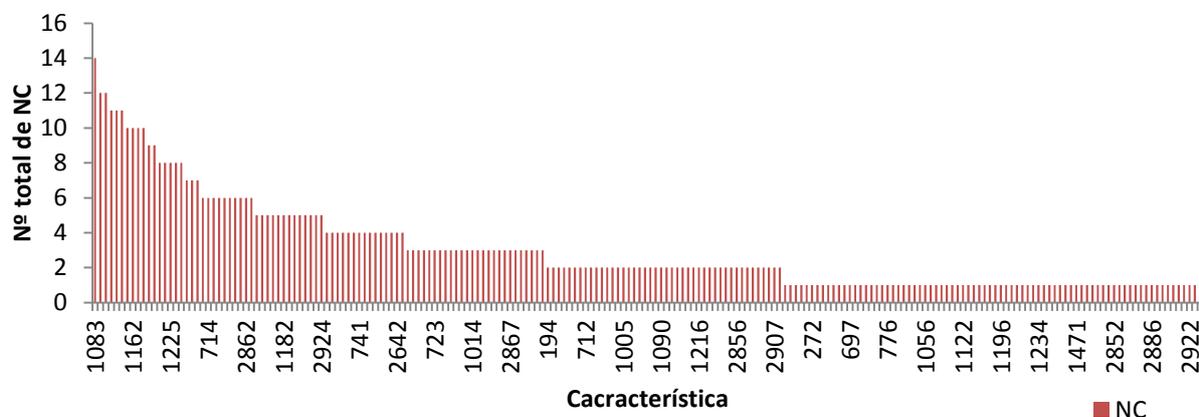


Figura 27 - Quantidade NC na 2ª verificação realizada. PQ4.

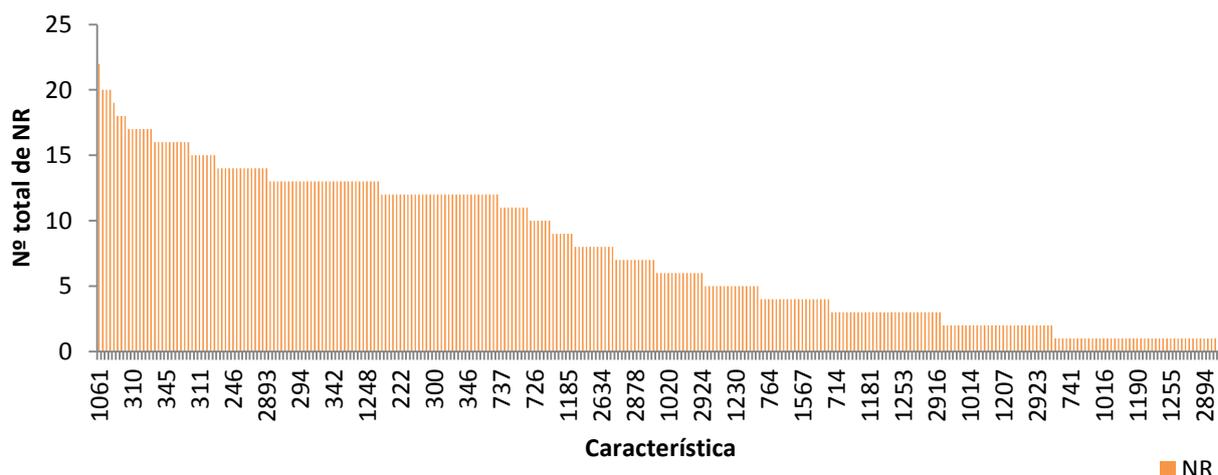


Figura 28 - Quantidade NR na 2ª verificação da PQ4.

A figura 29 apresenta os dados referentes à primeira verificação realizada na PQ5. É possível observar a evolução da quantidade de NC ao longo de um mês de trabalho, e é visível uma ligeira diminuição. O objectivo desta análise foi perceber quantas características NC e NR, continuam NC na fase final de preparação.

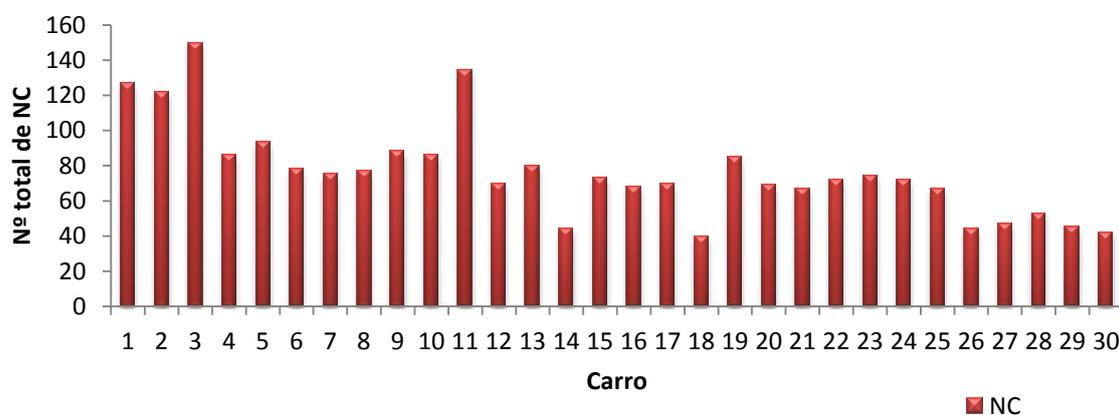


Figura 29 - Quantidade de características NC por carro na 1ª Verificação da PQ5.

O motivo principal que origina esta quantidade de características NC e NR na “porta da qualidade” 4 é o atraso na montagem de componentes. Ao analisar os dados da primeira verificação da PQ5 verifica-se que a média de pontos NC é muito elevada, ou seja, o componente ou ainda não está montado ou não está conforme, sendo necessário proceder à sua montagem ou correcção com urgência.

#### 4.1.6. Porta da Qualidade 5 – “Teste de água”

Como referido na descrição do processo de fabrico na “porta da qualidade” 5 são realizados essencialmente testes finais. Um destes testes é o “teste da água” que tem como objectivo testar a estanquicidade do autocarro no seu habitáculo, bagageiras e farolins. Dado a sua importância na inspecção final este teste foi estudado ao pormenor, com o objectivo de o tornar mais rigoroso. Seguindo sempre o princípio de que as condições atmosféricas simuladas devem ser as piores possíveis, já que, como é de esperar a entrada de água é gravosa se ocorrer no interior do veículo ou das bagageiras deste, podendo danificar não só o próprio veículo como o que este transporta nas bagageiras, para além de todo o incómodo que se torna para os passageiros e motorista.

Após algumas reclamações externas e verificação de autocarros em paragem concluiu-se que, durante a realização de alguns testes as condições simuladas eram amenas. Ou seja, o sistema de controlo tem um índice de detecção mais baixo do que se desejaria, não garantindo que as entradas de água fossem detectadas antes de chegar ao cliente (e uma entrada de água tem um índice de gravidade elevado - 7 ou 8). Apesar de não pôr em causa a segurança do veículo, este defeito provoca uma enorme insatisfação e incómodo no cliente, propõem-se, por isso, uma análise ao sistema de teste de água com o objectivo de aumentar a sua eficácia e deste modo a capacidade de detecção de potenciais falhas no sistema de controlo.

Antes de se proceder a descrição do estudo realizado, faz-se uma breve descrição do sistema existente e do funcionamento deste.

A estrutura para a realização deste consiste num túnel (denominado usualmente por chuveiro) com tubos nas partes laterais (4+4) e na parte superior (3); os tubos contêm bicos por onde é projectada água com pressão média de 3,6 bar. Faz ainda parte desta estrutura um reservatório de água e três bombas com capacidade de 26 m<sup>3</sup>/h. O teste consiste em ligar duas das três bombas, entrar com o veículo no chuveiro, ligar todos os equipamentos eléctricos e esperar 10 minutos (durante este tempo o veículo deve ser movimentado). De seguida sair do chuveiro e fazer a inversão do veículo, a inversão deve ser feita num dos parques superiores devendo o autocarro parar na subida e na descida. O processo deverá ser repetido, e após conclusão verificar se houve entrada de água no interior, bagageiras, faróis e farolins. Por fim, procede-se ao teste do charco, ou seja, é criado um charco por onde o autocarro passa três vezes, após isto, verifica-se se ocorreram entradas de água pelas bagageiras, compartimentos exteriores, interior do veículo, faróis e farolins. Na figura 30 e 31 é possível observar a estrutura e o chuveiro em funcionamento, respectivamente.



Figura 30 - Túnel de água.



Figura 31 - Túnel de água em funcionamento.

Como já citado, ao longo do teste deparou-se com o facto de o sistema não simular as condições atmosféricas desejadas e encontrarem-se alguns dos bicos obstruídos. Na figura 32 e 33 pode-se observar o tipo de sedimentos que obstruem os bicos. Conhecer a natureza dos sedimentos é importante por dois motivos, poder seleccionar os filtros mais adequados e saber se ao captar a água do poço está a arrastar pedras ou terra. O que se pode constatar é que os sedimentos são pequenas partículas de tinta, cola, fitas, folhas, pólen e poeiras.



Figura 32 - Bicos Obstruídos: a) vista do interior; b) vista do exterior.



Figura 33 - Presença de resíduos na água.

Após se conhecer todo o sistema e perceber ao pormenor como este estava construído e funcionava construiu-se um diagrama Ishikawa, de modo a pôr em evidência as causas que originam o problema e delinear um plano de acções correctivas. Na figura 34 pode-se ver o resultado do *brainstorming* realizado com os técnicos de manutenção e inspector da qualidade.

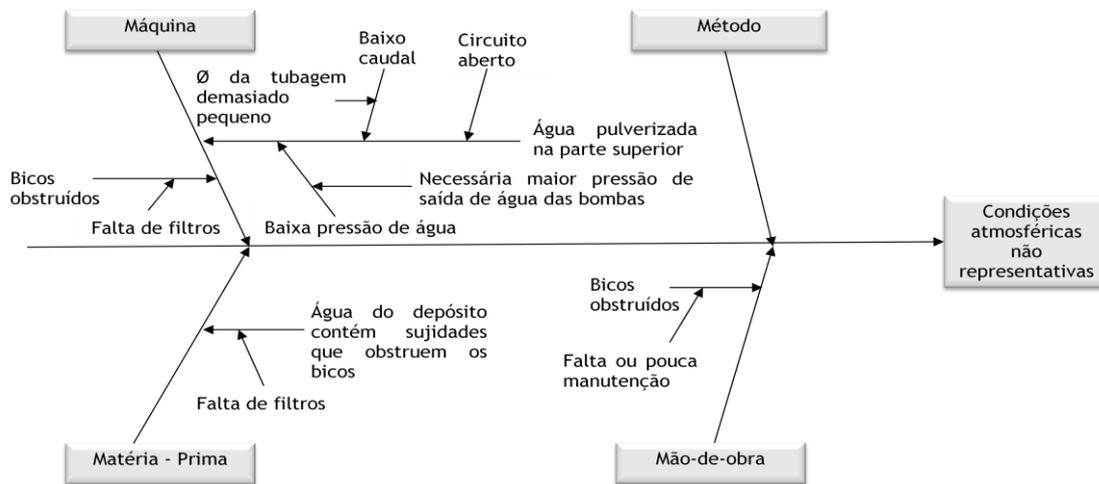


Figura 34 - Diagrama de Ishikawa referente à estrutura do chuveiro.

A análise do diagrama de Ishikawa permitiu retirar as seguintes conclusões: as causas que diminuem a eficácia do sistema de teste são: baixo caudal do sistema provocado por o circuito ser aberto, tubagem com um diâmetro inferior ao necessário, baixa capacidade das bombas, bicos obstruídos e com projecção estática.

Os bicos obstruídos permite afirmar que é necessário a implementação imediata de filtros no sistema, devido ao número de bicos (205 no total) não é viável a sua desmontagem, limpeza e montagem com a necessidade que o sistema necessita.

A questão do baixo caudal envolve várias sub-causas, sendo necessário determinar como estas se influenciam. Para isso foi necessário consultar técnicos da área e perceber como se poderia melhorar o sistema existente.

## 4.2.Plano de melhoria e discussão das acções implementadas

A proposta de acções de correctivas e preventivas será também apresentada “porta” a “porta da qualidade”.

### 4.2.1. Porta da qualidade 0

Acerca do primeiro defeito analisado - inexistência do tratamento de DINOL, pode-se concluir que o não cumprimento da regra de trabalho (RT) deve-se a um desconhecimento pela parte do fornecedor. A sugestão de correcção foi estabelecer a especificação/informação para o fornecedor da localização da furação de DINOL.

No caso do segundo e terceiro defeitos considerados - suportes desalinados e distância dos suportes dos amortecedores das bagageiras fora da cota, sendo as causas de origem humana e de meios de produção, propôs-se como acções de melhoria a formação dos colaboradores (o chefe de equipa deverá rever com os seus operadores a utilização do

gabarit), a rectificação das guias do gabarit e a melhoria do suporte amovível para que este ficasse com uma forma única possível de encaixe (sistema Poka-Yoke). O gabarit tem um plano de inspecção e controlo definido, tendo sido sugerido o aumento da frequência da manutenção do gabarit usado neste modelo.

O último defeito - “perfil de fixação de bancos de pavimento diferente da especificação” pode ser eliminado pela criação de um molde adequado a este modelo de carro e estabelecer a auto-inspecção do trabalho dos operadores.

As medidas sugeridas foram na sua maioria adoptadas, exceptuando o primeiro caso, em que a empresa optou por trocar de fornecedor.

Após a construção e aplicação destes meios de controlo os defeitos não se voltaram a evidenciar. A formação dos operadores foi também uma medida eficaz, dado que estes passaram a estar mais familiarizados com o gabarit e a sua utilização.

Se voltarmos a atenção para a figura 10 reparamos que a tarefa de verificação e certificação é realizada com a ajuda de uma *check list*. Esta ferramenta é uma mais-valia para inspetor, ajudando-o a avaliar pontos críticos no menor tempo possível, visto que o tempo de inspecção é sempre curto e está condicionado pela produção. No anexo B pode-se verificar que a *check list* inicialmente usada pela inspecção não é clara, os pontos estão dispersos por dois grupos, aumentando o tempo de inspecção e o preenchimento da mesma. Como sugestão de melhoria propôs-se a alteração da *check list*, dividindo os pontos de controlo por grupos específicos. A redução do tempo de inspecção foi de 30 minutos em média por carro. O exemplo da *check list* melhorada pode ser analisado no anexo B.

#### 4.2.2. Porta da Qualidade 1

Como já mencionado anteriormente apenas um defeito foi tratado, dado que os outros foram pontuais e não se voltaram a verificar. Na análise e resolução deste problema decidiu-se utilizar a metodologia 8D. A escolha desta metodologia deveu-se ao facto de se considerar que esta conduz à raiz do problema rapidamente, através da utilização de ferramentas da qualidade, abrangendo acções de contenção, correcção e prevenção. Sendo que a acção de contenção era urgente, visto que o defeito estava a aparecer frequentemente.

O modelo de relatório usado na resolução deste problema é o normalmente utilizado pela CaetanoBus, e semelhante ao sugerido pela literatura. Na figura 35 pode-se ver o relatório já realizado [15].

Na aplicação da metodologia 8D houve ainda a necessidade de formar os inspetores da qualidade. No início notou-se alguma resistência na aplicação de uma metodologia que não conheciam.

		RELATÓRIO 8D	
		Customers Non Conformance Report	
QAS	Modelo	Emitido em/ Date of Beginning:	
Responsável pela n.c./		Ref. Nº/Ref. No.:	
Responsibility for error	Departamento	Título/Title:	
Acções / Activities			
1. Equipa (Nome, Dep.) / Task force (Name, Dep.)			
A equipa foi formada por inspectores da qualidade e um membro da produção.			
2. Descrição do Problema / Problem Description			Origem / Origin
Descrição/ Description		Foto/Picture	
O compressor após ser montado não fica alinhado com o motor, o que futuramente levará a fricções e queimadura de borracha.			
3. Acções correctivas imediatas / Containment Actions			
Desmontagem e nova montagem de modo a que os compressores fiquem alinhados.			
4. Causa (s) da n.c. / Root Cause (s)			
Alteração do tipo de compressor - compressor com 2 correias e não 1.			
5. Selecção e Verificação das Acções Preventivas / Chosen Permanent Preventive Actions (s)			
Criação de um meio de produção para auxílio - Gabarit móvel			
6. Implementação e validação das Acções Preventivas / Implemented Preventive Action (s)			
Gabarit móvel usado como meio de produção a partir do carro nº14.			
7. Prevenção da reocorrência / Action (s) to Prevent Recurrence (verificar nas unidades em produção nº de unidades de acordo com o procedimento)			Resp.
			Data/Date
Este ponto será constantemente verificado, dado pertencer a um dos pontos da check list PQ1.			Data conclusão:
Validação Director QAS			
_____ Nome/Name		_____ Data/Date	_____ Ass./ Sig.
8. Felicita a tua equipa / Congratulate your team			
Congratulação da equipa pela rápida detecção da causa e prontidão na sua resolução.			

Figura 35 - Relatório 8D.

Também nesta “porta da qualidade” a *check list* foi alterada, dividindo-se os pontos de controlo por grupos. Neste caso foi uma melhoria eficaz por dois motivos: redução do tempo de inspecção (aproximadamente 20 minutos), e facilidade de interpretação (validou-se com um novo inspector que teve mais facilidade na identificação e execução dos pontos de controlo).

#### 4.2.3. Porta da Qualidade 2

A sugestão de melhoria relativamente aos meios de produção foi definir a manutenção frequente do gabarit. Tanto o modelo “Levante” como o “Winner” utilizam o mesmo gabarit o que conduz a um maior desgaste e, conseqüente, aumento da necessidade de manutenção (aspecto já discutido com o responsável da qualidade pela manutenção dos gabarit na PQ0). A solução acordada na PQ0 manteve-se para esta “porta da qualidade”.

Criar preocupações com a qualidade dentro de cada colaborador é uma tarefa desafiante que contribuí para aumentar o nível de qualidade do produto, dado que será o próprio operador o primeiro a ter uma exigência elevada com o próprio produto. Tendo isto como objectivo decidiu-se acompanhar de perto a montagem dos paineis, traseira, frente e tampas, sensibilizando o operador a auto-inspeccionar o seu trabalho. O resultado desta acção foi a diminuição do número de correcções a efectuar antes do carro passar a próxima etapa do processo. O reconhecimento disso junto dos operadores motivou-os a continuarem a auto-inspeccionarem o seu trabalho, sem a presença constante do inspector da qualidade.

Mais uma vez procedeu-se a melhoria da *check list* à semelhança do que havia sido feito nas portas da qualidade anteriores. Também se beneficiou aqui da redução de tempo de controlo (20 minutos), e da facilidade de interpretação ao criar-se uma *check list* mais adequada à tarefa, em causa.

#### 4.2.4. Porta da qualidade 3

As medidas de correcção sugeridas foram feitas da forma mais completa possível. Deste modo tenta-se reduzir as causas que provocam defeitos no presente, não descuidando as causas que possam fazer surgir outros defeitos no futuro.

Para os “poros” a medida de correcção imediata consiste em lixar as áreas afectadas, aplicar um desengordurante, isolar com um sistema de pintura de dois componentes e tornar a repintar. Em casos graves, deve-se lixar em toda a sua extensão a última demão e reaplicar todo o sistema de pintura. Como medida de prevenção deve-se

aplicar a tinta com as espessuras definidas pelo fabricante e cumprir os tempos de secagem recomendados [24].

O caso dos “escorridos” é necessário abordar com perspicácia, pois o pintor é o primeiro a não querer escorridos no seu trabalho. Ao implementar as acções de prevenção deve-se sempre motivar o operador, não desprestigiando o seu trabalho. As medidas de prevenção sugeridas consistem em o pintor verificar que a pistola de aplicação de tinta se encontra em perfeitas condições de funcionamento e com o bico adequado; Uniformizar a temperatura do carro e do ambiente; seguir os procedimentos da ficha técnica da tinta, e por último, dar formação aos colaboradores [23, 24].

Para pequenos “escorridos” deve-se polir a área afectada até estes desaparecerem e aplicar uma camada de brilho. Em caso de escorridos com uma dimensão que não permitam a operação anterior, deve-se lixar toda a superfície, limpar com desengordurante e tornar a pintar. Esta última correcção envolve o isolamento das partes com pintura conforme no carro [24].

A medida de correcção imediata foi o polimento leve da área afectada, caso não resulte, é necessário lixar toda a área, limpar com desengordurante e proceder à repintura. Mais uma vez a repintura do carro obriga ao isolamento das partes conformes, isso eleva o custo devido às horas de trabalho [24].

Como medida de correcção a adoptar para o defeito “lixo” sugeriu-se aumentar a frequência de verificação e limpeza dos filtros e a certificação de que a cabine de pintura é mantida limpa bem como a superfície do carro.

Para a segunda verificação pode-se afirmar que o factor humano volta a ser um aspecto fundamental no caso da pintura esmurrada que representa 47% da totalidade dos defeitos.

Tendo em conta o defeito e localização estabeleceu-se como necessário alterar o procedimento de trabalho no caso da montagem de acessórios e no caso da cava dianteira garantir o seu nivelamento quando se procede à afinação final. No caso dos farolins que se destacam por apresentarem o defeito em maior quantidade é indiscutível a necessidade de se alterar o procedimento de trabalho. Os farolins são montados já pintados e depois acertados, sendo esta a operação que provoca as esmurradelas. A sugestão é que se montem os farolins antes da etapa de pintura, façam-se os acertos necessários e depois procedam a sua desmontagem, pintura e montagem.

O factor humano continua a ser responsável pelo aparecimento do segundo maior defeito: “partido”. Mais uma vez é necessário proceder à sensibilização dos colaboradores (durante uma semana) para as falhas no cumprimento do procedimento de trabalho, pois exigem acções correctivas que custam tempo e dinheiro à empresa.

Por fim temos o defeito “lixo” que tem uma localização e proveniência diferente do lixo detectado na 1ª verificação. O que nos leva a concluir que a curto prazo é necessário como medida garantir maior limpeza da superfície e das ferramentas usadas para a aplicação do friso. A longo prazo será importante comparar o custo da operação de correcção, que consiste em isolar o carro, retirar o friso e voltar a aplicar um novo e o custo de aplicar um friso mais caro mas que evite o aparecimento deste tipo de defeito na sua aplicação, por exemplo, frisos lacados ou cromados.

As mudanças mais visíveis ao nível de pintura têm sido observadas no valores da 2ª verificação onde os defeitos têm vindo a diminuir, o que permite afirmar que operadores estão a ser mais rigorosos com o seu trabalho e a alteração no processo de montagem de farolins foi eficaz.

Outra melhoria já implementada aquando da análise desta “porta”, foi a alteração do relatório de pintura. Este consistia numa folha de registo das espessuras da camada de tinta, sendo os defeitos de pintura anotados numa máscara do carro, existindo uma folha para a 1ª e outra para a 2ª verificação. Daqui resultava numa elevada quantidade de dados, e assinalavam-se defeitos na 2ª verificação que já haviam sido assinalados na 1ª. Deste modo o relatório de pintura foi alterado, acrescentando-se uma folha em que o inspector indica na “máscara” do respectivo modelo os respectivos defeitos encontrados. Neste novo impresso inclui-se uma legenda com os defeitos de pintura e regras de preenchimento. No anexo D apresenta-se o exemplo desta novo impresso para o modelo “Levante”. Desta forma o registo de defeitos de pintura passa a acompanhar o processo do carro e ao registar-se no mesmo esquema os defeitos de 1ª e 2ª verificação torna a análise de dados correcta.

Ao altera-se o relatório de pintura surgiu a idéia de se alterar também o relatório de soldadura, e reunir a informação dispersa num relatório de uma só página. Esta alteração foi realizada e implementada com sucesso.

Para trabalhos futuros sugere-se ainda o estudo das fibras que compõem parte da estrutura do carro (nomeadamente a frente e traseira). Devido ao elevado número de poros, bolhas e partidos verificados. Deverá também incluir-se neste estudo uma análise de custos das correcções realizadas.

#### **4.2.5. Porta da qualidade 4 e 5**

Sendo necessário definir as medidas que permitissem diminuir o número médio de características dadas como NC ou NR, criou-se uma lista de pontos que tem de ser garantidos antes de o carro passar ao posto seguinte. A fase de acabamentos divide-se em seis postos de produção e algumas das operações são realizadas por fornecedores, a

solução encontrada consistiu em estabelecer com produção as operações de controlo a realizar em cada posto pelos operadores da CaetanoBus e as realizadas por fornecedores externos. O passo seguinte consistiu na criação de *check lists* por posto, definindo o responsável pela operação - produção CaetanoBus ou fornecedor recebendo uma lista com os respectivos pontos que têm de garantir. O objectivo é criar filtros na própria produção.

Ao analisar a evolução ao longo do tempo após a implementação da acção anterior nota-se que o número de NC na 1ª verificação da porta de qualidade 5 diminuiu (figura 29). As verificações dos 30 carros representam um mês de produção, na primeira semana a média de defeitos por carro era de 106 e na última semana de 67, o que nos permite concluir que a aplicação da acção está a ter um efeito muito positivo. No entanto o número de NC ainda é considerável, sendo necessário implementar outras medidas, validá-las e expandir aos restantes modelos.

A medida proposta para este problema consiste na construção de uma análise análise modal de falha e efeitos (AMFE) antes de se iniciar a produção dos próximos modelos, utilizando dados do serviço pós-venda, assim como os dados da série anterior, ou no caso de ser um novo modelo consultar os dados de um modelo semelhante (se o novo modelo usar meios de produção semelhantes a outro já produzido poderá analisar-se o tipo de falhas que ocorreram). Após recolha dos dados segue-se um *brainstorming* com os representantes dos diferentes departamentos (qualidade, produção, engenharia, compras, inspectores de final de linha) envolvidos na produção do modelo em causa para se identificarem os modos de falha.

O AMFE permite a classificar os modos de falha, o que permitirá aplicar desde o início acções correctivas e preventivas para os modos com de índice de gravidade elevada. A presença do pós venda permitirá dar a conhecer os defeitos detectados pelos clientes. Estes defeitos além de terem o seu índice de gravidade alto obrigam a questionar o sistema de detecção da qualidade. No caso de ser preciso formar colaboradores, a aplicação desta metodologia mostrará esta necessidade antes de se iniciar a produção.

Os pontos NR são originados na maior parte das vezes por falta de material, ao se classificar a gravidade desta falha será possível informar as compras da falta de material com maior prioridade de resolução. E até estabelecer as que não devem de forma alguma acontecer devido ao custo que implicam.

Pretende-se também criar *check lists* adequadas, nas “portas da qualidade” 4 e 5 a redução de tempo de inspecção será no mínimo de 1 hora, uma vez que o número de pontos a analisar é superior a 200, o que traduz uma inspecção de grande duração. Esta ao não estar organizada leva à perda de muito tempo.

No entanto, as acções de contenção implementadas tem sido uma mais-valia, diminuindo aproximadamente 41% os defeitos detectados na primeira verificação da PQ5.

A proposta de realização de AMFE para cada modelo de autocarro será um projecto a ser desenvolvido no futuro para os modelos mais recentes.

#### **4.2.6. Porta da Qualidade 5 – Teste de água**

A análise das falhas do “teste de água” permite concluir que: é necessário aumentar a pressão e o caudal da água, principalmente na parte superior, bicos com projecções de água aleatórias e evitar/diminuir a obstrução dos bicos. Portanto as medidas a adoptar consistem na alteração dos bicos, bombas, e aplicação de filtros.

O passo seguinte da resolução deste problema consistiu num estudo do mercado ao nível de oferta de bicos (ou componentes semelhantes), filtros e bombas, sendo que o ideal seria conseguir uma solução integrada junto de um só fornecedor. O mais crítico dos diferentes componentes a alterar (factor de escolha do futuro sistema) é os bicos. Numa situação ideal este deveria ter a capacidade de projectar água com caudal e pressão superior à actual, e em diferentes direcções, o que conduziu a duas soluções: bicos de limpeza e aspersores de rega.

Conseguiu-se estabelecer contacto positivo com duas empresas (KARCHER - equipamentos de limpeza, e RED - construção e manutenção de relvados). Ambas forneceram material para ensaio e acompanharam com os seus técnicos alguns dos ensaios realizados.

Os bicos fornecidos pela KARCHER (bicos K) caracterizam-se por terem uma rotatividade de 360°, diferentes diâmetros de abertura: 30, 35 e 40 e aguentam pressões máximas de 180 bar. Os aspersores aconselhados e fornecidos pela RED, caracterizam-se por produzirem gotas de água maiores e minimizarem a nebulização. Estes aparelhos têm bicos que podem variar de tamanho e permitiram diferentes caudais e pressões.

Os ensaios consistiram na substituição dos bicos existentes pelos novos bicos ou aspersores (dez bicos e seis aspersores). A avaliação foi realizada no interior do autocarro de forma a recolher imagens. Nas figuras seguintes é possível observar diferentes imagens recolhidas durante os ensaios.



**Figura 36** - Porta lado esquerdo: projecção de água com bicos actuais; Porta lado direito: projecção de água bicos K. **Figura 37** - Projecção de água com bicos K com casquilhos de 45°.

Na figura 36 é possível comparar os bicos actuais e os bicos K. O bico CB apenas projecta água num ponto, o caudal é diminuto e na parte central da porta há pouca projecção de água. No entanto, os bicos K apresentam limitações, existem espaços sem projecção de água. Numa tentativa de eliminar estes espaços montaram-se os bicos K com casquilhos de inclinação de 45°, o resultado pode ser observado na figura 37. Os bicos perderam pressão e caudal com a inclinação e continuam a existir espaços sem projecção.

Os testes realizados com os aspersores da RED tiveram resultados positivos, ou seja, as superfícies abrangidas pelo jacto de água são maiores, assim como a pressão de água. Nas figuras 38 e 39 é possível ver que a pressão da água é mais elevada que no sistema actual e relativamente aos bicos K.



Figura 38 - Projecção de água na janela.



Figura 39 - Queda de água ao longo janela.

Após a escolha dos novos componentes, e tendo em atenção que estes são ainda mais sensíveis à obstrução foi necessário a inserção de filtros no sistema da água. Os filtros devem ser fáceis de limpar e ter boa resistência a radiações solares e a químicos. Surgiram duas opções: malha ou filtros de disco. Tendo em consideração a aplicação optou-se pelos filtros de disco (sendo os mais duradouros).

Outro aspecto avaliado foi a pressão da água. O sistema de bombas existente já não fornece água na pressão desejada, sendo necessário substituir as bombas existentes. Foram pensadas e definidas duas soluções:

Solução A: Substituição parcial do sistema, ou seja, melhorar apenas alguns pontos críticos. Criação de dois circuitos, um lateral e um superior. O superior passa a ser alimentado por uma bomba adquirida para esse fim, todos os bicos seria substituídos por aspersores e o circuito seria fechado. As partes laterais passariam a ser alimentadas pelas bombas existentes, alguns dos bicos seriam substituídos por aspersores e o circuito seria igualmente fechado. Em ambos os circuitos seriam inseridos filtros de disco.

Solução B: Substituição integral do sistema, isto é, todos os bicos seriam substituídos por novos aspersores; implementados filtros de disco no circuito de água e as bombas seriam substituídas por outras com uma capacidade superior. Sugeriu-se também fechar o circuito de modo a aumentar a eficácia do sistema.

Para terminar salienta-se a aprovação pela direcção da solução A na alteração da estrutura do sistema de teste de água.

#### 4.2.7. Base de dados – QES

Ao longo deste trabalho foi notado que a base de dados utilizada na gestão da qualidade apresenta algumas limitações, ficando abaixo das expectativas e potencialidades que seriam esperadas. A principal limitação desta base de dados é o grupo das estatísticas, apesar de conter três subgrupos - “RAC`S”, “NC`S” na recepção do material e “portas da qualidade”, só permite analisar os dados: número total de “NC`S” por fornecedor.

Após uma análise crítica, estabeleceram-se as seguintes melhorias:

##### ● RAC`S

Deveria ser possível extrair a seguinte informação: número total de “RAC`S” por fornecedor; custo total por “RAC”; e tempo de paragem por “RAC”.

As “RAC`S” abertas<sup>4</sup> deveriam ser sinalizadas a vermelho as que têm custos associados e a laranja as que não têm custos.

##### ● Portas da qualidade

A primeira alteração deveria ser realizada no modelo de *check list*: para além dos campos que esta contém deveria acrescentar-se a origem da causa que conduziu ao defeito. O local onde vai ser solucionado e o índice de gravidade. A figura 40 mostra um exemplo da estrutura de *check list* sugerida.

O tipo de defeito, origem, e o local de resolução devem ser campos pré-definido (secção, linha, e no caso dos defeitos deverá manter-se a lista de defeitos padrão que já existe (falta de material, nivelamento não OK, difere da especificação...). O índice de gravidade (moderado, grave, muito grave) deve ser atribuído, por uma pessoa devidamente treinada de modo a que este mostre a real gravidade da “não-conformidade”, segundo critérios bem definidos e não se baseie em opiniões subjectivas.

Ponto	Descrição	NC	C	NR	Defeito	Origem	Resolução (onde)	Índice de gravidade
	Rampa deficientes - funcionamento e aspecto da tampa frontal				Não funciona	Posto 5 - secção 6	Secção 10	9

Figura 40 - Sugestão da nova estrutura de *check list*.

<sup>4</sup> “Abertas” significa que aguardam resposta do fornecedor.

Os dados recolhidos da forma sugerida possibilitariam a seguinte análise: número total de característica NC ou NR; quantidade total de características por índice de gravidade; e quantidade de NC ou NR por local de origem. Esta análise poderia ser feita na globalidade ou por modelo de carro produzido.

#### ● NC`S na recepção do material

De modo semelhante as “RAC`S” também as “NC`S” abertas com custo deveriam ser sinalizadas a vermelho e as sem custo a laranja. Seria também vantajoso saber o custo das “NC`S” e actuar com prioridade nas “NC`S” com maior custo associado. Estabelecer objectivos de fecho de NC`S também seria muito importante. Deveria também ser registado o tempo de paragem que a NC provocou e o seu custo associado.

Relativamente ao tipo de problema, para além da descrição e/ou foto, deveria haver uma legenda com problemas padrão, por exemplo:

- Atraso de entrega de material
- Problema qualitativo
- Trabalho subcontratado com atraso
- Trabalho subcontratado com problema de qualidade
- Problema quantitativo

Para além dos pontos já citados deve ser registado o índice da gravidade e a classificação do fornecedor. Poderia assim avaliar-se de imediato a NC`S do fornecedor e a sua qualificação. Para os fornecedores problemáticos deveria-se criar uma *check list* específica para futuras auditorias a esse fornecedor.

Por vezes algumas das falhas são detectadas no cliente e comunicadas ao serviço pós venda. Seria desejável que este inserisse de imediato essas “NC`S” na base de dados, através de um formulário similar ao usado para as NC`S internas ou de fornecedores.

Os dados recolhidos da forma sugerida possibilitam a seguinte análise: por fornecedor (aparecendo sempre associada a sua classificação) os tipos de NC e a sua quantidade; custo total por NC; e a quantidade de NC por índice de gravidade. Outro objectivo desta melhoria proposta, seria conseguir cruzar a informação para rastrear os códigos de materiais afectados e, conseqüentemente o tipo de defeitos que escapam do controlo de qualidade na linha, e aparecem no cliente.

Deverá ainda exigir-se aos fornecedores que respondam a todas NC`s sem excepção, com acções de contenção, correctivas e preventivas (por exemplo com a metodologia 8D), para se acompanhar os planos de acção dos fornecedores.

Com estas melhorias pretende-se aumentar a capacidade de detecção das “NC`S” e proceder à sua correcção eficaz. Por outro lado, estes dados seriam fundamentais para o AMFE e conseqüentemente, para o estabelecimento de acções que evitem o aparecimento de causas que conduzam ao modo de falha.

Ainda como acções de melhorias sugiro a realização de reuniões semanais entre o QAS1 e QAS2, para a apresentação do plano de acção relativo às actividades e debate de ideias, e realizar reuniões mensais para analisar resultados e melhorar a comunicação entre grupos.

## 5. Conclusões

---

A aplicação de ferramentas e técnicas adequadas da qualidade permitiram a sugestão e implementação de acções correctivas e preventivas no âmbito do sistema de controlo da qualidade. Os diagramas de Pareto permitiram identificar as NC mais frequentes e através da realização de *brainstormings* foi possível desenhar diagramas de Ishikawa para os problemas. Determinaram-se as causas que conduzem aos modos de falha e foi possível hierarquizá-las, aplicando planos de intervenção consoante o seu nível de gravidade. Salienta-se ainda a eficácia do 8D na resolução do defeito em causa.

A melhoria de *check lists* permitiram reduzir o tempo da inspecção e análise de dados.

A formação dos colaboradores foi essencial, pois familiariza-os com os novos processos e aproxima-os mais da empresa. Foi possível constatar ao longo do estudo que os operadores causam vários defeitos que importam custos à empresa, e nalguns casos custos elevados. A sensibilização dos colaboradores através do debate de ideias sobre alguns pontos problemáticos, a formação e o acompanhamento por parte da qualidade ao longo da linha tem contribuído para uma diminuição significativa dos defeitos.

## Referências Bibliográficas

---

1. Gandhinathan, R., N. Raviswaran, and M. Suthakar, *QFD-and VE-enabled target costing: a fuzzy approach*. International Journal of Quality & Reliability Management, 2004. 21(9): p. 1003-1011.
2. Paladini, M.M.D.C.E.P., *Gestão da Qualidade: Teoria e Casos*. 2005, Rio de Janeiro: Campus. 7-9.
3. Cullen, J. and J. Hollingum, *Implementing total quality*. 1987, Bedford: Springer-Verlag. 45-48.
4. Ortner, H.M., *The human factor in quality management*. Accreditation and Quality Assurance: Journal for Quality, Comparability and Reliability in Chemical Measurement, 2000. 5(4): p. 130-141.
5. Gehani, R.R., *Management of Technology and Operations*, John Wiley & Sons.
6. H.S. Bunney, B.G., "The implementation of quality management tools and techniques: a study". The TQM Magazine, 1997. 9(3): p. 183-189.
7. Tague's, N.R., *The Quality Toolbox*. Second Edition ed. 2004: ASQ Quality Press.
8. Grant, E.L., *Statistical quality control*. 7th ed ed. 1999, New York McGraw Hill.
9. NIST/SEMATECH. *e-Handbook of Statistical Methods*. 2006 26 de Maio de 2011]; Available from: <http://itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/scatterp.htm>.
10. Lugli. *Diagrama de dispersão*. 2008 [c2011 26 Maio]; Available from: <http://www.lugli.com.br/2008/02/diagrama-de-dispersao/>.
11. Santos, R.C. and M.F. Rebelo, *A Qualidade-técnicas e ferramentas*. Porto Editora, 1990: p. 129, 137-141, 151-167.
12. Yamaguchi, J.K., *Directrizes Para a escolha de técnicas de visualização aplicadas no processo de extração do conhecimento*. 2010, Universidade Estadual de Maringá: Maringá. p. 182.
13. Ishikawa, K., *What is total quality control? : the Japanese way*. 1988: Englewood Cliffs : Prentice-Hall . p. 63-65.
14. Action, P. *Controle Estatístico do Processo 1997-2011* [2011 13 Junho]; Available from: <http://www.portalaction.com.br/content/cep-0>.
15. Daniel Duret, M.P., *Qualidade na Produção da ISO 9000 ao Seis Sigma*. 2009, Lisboa: LIDEL - Edições Técnicas.
16. Fernando Nogueira Ganhão, A.P., *A gestão da qualidade : como implementa-la na empresa*. 1992, Lisboa: Presença. 146,147,177.
17. Hoyle, D., *ISO 9000 Quality Systems Handbook*. Materials & Mechanical. 2009: Butterworth-Heinemann. 1-776.

18. Qualidade, I.P.d., *NP EN ISO 9001:2008*, in *Sistemas de gestão da qualidade: requisitos*. 2008. p. 46.
19. Abel Pinto, I.S., *Sistemas de gestão da qualidade : guia para a sua implementação*. 1ª ed. 2009, Lisboa: Edições Sílabo. 23,24.
20. Campos, V.F., *Controle da qualidade total*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.
21. Besterfield, D.H., *Quality control*. 2nd ed. 1986, Englewood Cliffs, New Jersey Prentice-Hall.
22. Juran, J.M. and A.B. Godfrey, *Juran's Quality Handbook (5th Edition)*. 1999, McGraw-Hill. p. 8.4-8.8.
23. Communication, G.M. and J. Brinker. *Guia de Defeitos da Pintura*. 2011 [ 2011 12 de Junho]; Available from: <http://www.glasurit.com/pt/guia-de-defeitos-da-pintura>.
24. DuPont Performance Coatings - Tintas e Vernizes, S. *Guia de Defeitos de Pintura*. 2011 12 de Junho 2011]; Available from: [http://www.spieshecker.pt/portal/pt?page=4.1.1\\_Knowledge\\_Base\\_Categories&category=Guia+de+Defeitos+de+Pintura](http://www.spieshecker.pt/portal/pt?page=4.1.1_Knowledge_Base_Categories&category=Guia+de+Defeitos+de+Pintura).

Anexo A - Matriz de Ferramentas de Solução de Problemas

Tabela de Matriz de Ferramentas de Solução de Problemas

	Identificação de problema	Contenção	Análise de Modo de Falha Raiz	Escolha & Implementação de Acções Correctivas	Controlar & Padronizar
Ferramentas de Nível Básico	Análise de Pareto	Processo de Contenção	Análise de 5 Porquês	Matriz de Decisão	Carta de Controlo
			Diagrama de Causa Efeito		
	Índice de Capacidade (qualidade)	Estatística Descritiva	Matriz de Causa Efeito	Gráfico Gantt	Plano de Controlo de Processo
			Brainstorming		
	Folha de Verificação		Histograma		
	É/ Não é (Análise de estratificação)	Carta Sequencial/ Carta de Tendência	Fluxograma	Carta de Tendência	A prova de Erro (Poka Yoke)
	Análise de Fluxo de Trabalho				
Análise do Sistema de Medição - R&R dos meios de medição		Benchmarking	Índice de Capacidade (qualidade)	Banco de dados de Lições aprendidas	
		Análise da árvore de falhas			
Ferramentas de Nível Intermediário	Fornecedor - entrada - processo - saída - cliente (SIPOC)		Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA)	Carta Sequencial/ Carta de Tendência	Controle Estatístico de Processo
			Diagrama de concentração		
			Projecto de Experimentos (DOE)		
			Análise de Regressão Linear		
			Teste de Hipóteses		
			Gráfico de Paynter		Gráfico de pré-controlo
			Índice de Capacidade		
			Análise Multivari		
			Mapa de fluxo do processo		
Diagrama P / Projecto de Parâmetro					
Ferramentas de Nível Avançado	Desdobramento da Função Qualidade (QFD) - Voz do Cliente - Voz do Processo		Projecto de Experimentos - Factorial Completo	Teste até falhar	
			- Factorial Fraccionado	Simulação de monte Carlo	
			Tolerância Estatística	Projecto Robusto - Taguchi	

Anexo B - Check list da Portas da Qualidade 0 - Antes e depois

		<b>LISTA DE VERIFICAÇÃO</b>			PEP: F113043060	
QES		PQ0	Levante		Pais: Inglaterra	
Pto.	Descrição	NC	C	NR	Falha	Observações
<b>Exterior</b>						
<b>Traseira</b>						
<b>Lateral Direita</b>						
<b>Tejadilho</b>						
<b>Diversos</b>						
<b>Geral</b>						
<b>Geral</b>						

- |                    |                       |                                   |                            |
|--------------------|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1-Comprido,Curto   | 2-Deformado,Ondulado  | 3-Danificado,Arranhado            | 4-Alinhamento/folgas       |
| 5-Ajuste não OK    | 6-Fixar,Solto         | 7-Faceamento/folgas               | 8-Falha eléctrica          |
| 9-Falha mecânica   | 10-Falta de Material  | 21-Fuga de ar                     | 22-Fuga de óleo            |
| 23-Fuga de agua    | 24-Vedação defeituosa | 25-Nível do líquido elevado/baixo | 26-Ruido                   |
| 27-Entrada de água | 28-Corrosão           | 29-Sujo                           | 30-Difere da especificação |
| 31-MNAC            | 41-Fortangulo         | 42-Busflex                        | 43-RibeiroBus              |

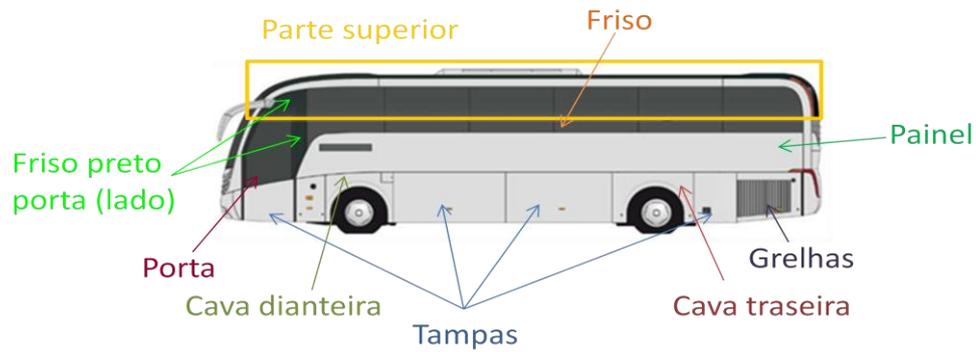
Check list da PQ0 antes das alterações realizadas na base de dados - QAS.

 <b>CAETANO BUS</b> <small>SERVIÇO SALVADOR CAETANO</small>		<b>LISTA DE VERIFICAÇÃO</b>			<b>PEP:</b> F113043065	
<b>QES</b>		<b>PQ0</b>			<b>Levante</b>	
					<b>Pais:</b> Inglaterra	
Pto.	Descrição	NC	C	NR	Falha	Observações
<b>Exterior</b>						
<b>Traseira</b>						
<b>Tejadilho</b>						
<b>Diversos</b>						
<b>Inferior</b>						
<b>Estrado</b>						
<b>Geral</b>						
<b>Geral</b>						

- |                    |                       |                                   |                            |
|--------------------|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1-Comprido, Curto  | 2-Deformado, Ondulado | 3-Danificado, Arranhado           | 4-Alinhamento/ folgas      |
| 5-Ajuste não OK    | 6-Fixar, Solto        | 7-Faceamento/ folgas              | 8-Falha eléctrica          |
| 9-Falha mecânica   | 10-Falta de Material  | 21-Fuga de ar                     | 22-Fuga de óleo            |
| 23-Fuga de água    | 24-Vedação defeituosa | 25-Nível do líquido elevado/baixo | 26-Ruído                   |
| 27-Entrada de água | 28-Corrosão           | 29-Sujo                           | 30-Difere da especificação |
| 31-MNAC            | 41-Fortangulo         | 42-Busflex                        | 43-RibeiroBus              |

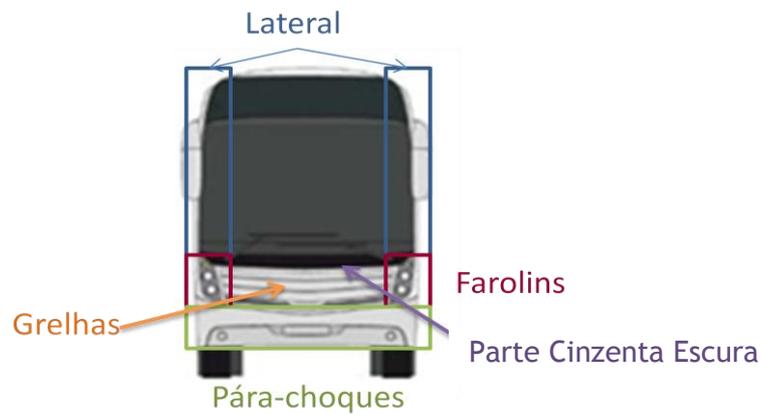
Check list da PQ0 depois das alterações na distribuição dos pontos.

### Anexo C - Localização dos defeitos de pintura no carro

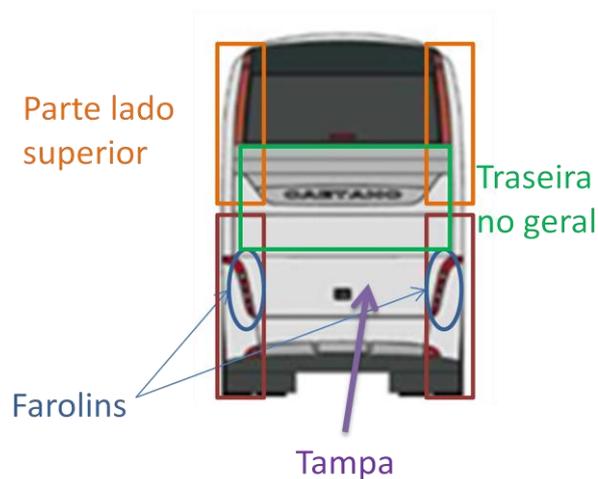


Esquema das zonas em que se dividiu a lateral esquerda.

A lateral direita é semelhante por isso não existe motivo de apresentação de esquema.



Esquema com a indicação ao nome atribuído a cada zona que se dividiu a frente.



Esquema com a indicação ao nome atribuído a cada zona que se dividiu a traseira.

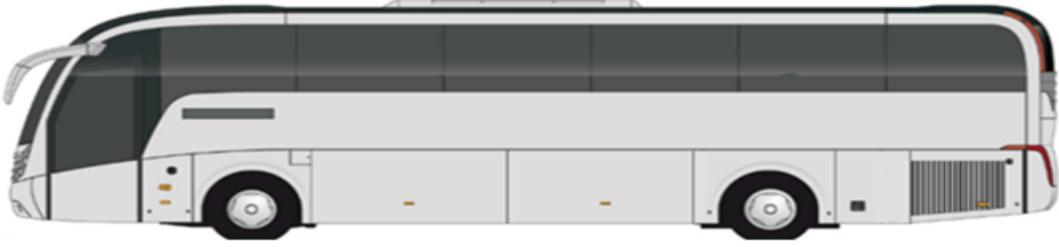
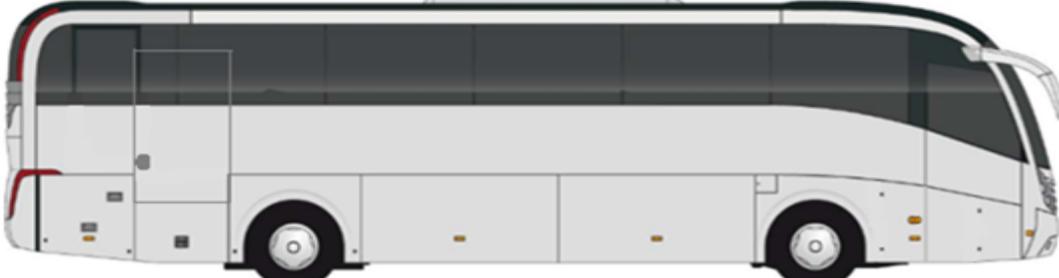
Anexo D - Processo de Inspeção do Autocarro: Relatório de Pintura.

PEP:	Verificação 2ª fase de Pintura Defeitos na pintura	Data:
		Avanço:



Relatório de registos de defeitos e sua localização para a 2ª verificação.

Nota: o relatório da 1ª verificação era idêntico, sinalizava apenas 1ª verificação no lugar de 2ª verificação.

 <b>CAETANO BUS</b>	<b>INSPEÇÃO PROCESSO AUTOCARRO</b>		PEP:	
			Modelo:	
<b>QAS - Máscara LEVANTE</b>				
<b>Painel esquerdo</b>				
				
<b>Painel Direito</b>				
				
<b>Frente</b>		<b>Traseira</b>		
				
<b>Tipos de defeito:</b>				
1- Bolhas	6 - Pingos/Escorridos	11- Tinta Fervida	16 - Corrosão	21- Quebras
2- Casca de Laranja	7 - Pés-de-galinha	12 - Gordura	17 - Partido	22- F. Peça
3 - lixo	8 - Falta de catados	13 - Pint. mal executada/falt	18- Mossas	23-Outros
4 - Poros	9 - Riscos	14 - Pintura riscada	19- Marcas	
5 - Má Lacagem	10 - Covas	15 - Pintura Esmurrada	20- Maus Acabamentos	
Obs: Os defeitos detectados devem ser anotados de forma distinta entre verificações. Ou seja, os nº dos def. da 2ª ver. devem ser anotados c/ um círculo à volta. Em caso excepcional de uma 3ª ver. o def. deve ser anotado com um quadrado à volta do nº.				
Arquivo: PR 06.0	<b>Notas:</b>		<b>Inspeccionado:</b>	
			Data 1ªV.:	Data 2ªV.:
Procedimentos:			Rubrica:	Rubrica:

Novo relatório de preenchimento de defeitos de pintura