

Análise multi-objectivo do Desempenho de um Objecto de Controlo

Rui Assis

Outubro/2012

rassis@rassis.com

<http://www.rassis.com>

Índice

Resumo

1. Estado actual do conhecimento
 - 1.1 Fase do “Controlo de custos”
 - 1.2 Fase do “Controlo por objectivos”
 - 1.2.1 Gestão matricial
 - 1.2.2 O *Activity Based Costing* (ABC)
 - 1.2.3 O *Balanced ScoreCard*
 - 1.2.3.1 Dimensão Financeira
 - 1.2.3.2 Dimensão dos Clientes
 - 1.2.3.3 Dimensão dos Processos Internos
 - 1.2.3.4 Dimensão de Desenvolvimento Organizacional (aprender, inovar e crescer)
 2. Medição da performance
 - 2.1 Variação métrica-mérito
 - 2.2 Avaliação multi-objectivo do mérito
 - 2.2.1 Construção de uma hierarquia
 - 2.2.2 Matriz de comparação dois a dois
 - 2.2.3 Cálculo do vector de prioridades (ou dos pesos dos elementos da matriz)
 - 2.2.4 Determinação da coerência dos julgamentos
 - 2.2.5 Incerteza na atribuição de preferências
 3. Análise de sensibilidade
 4. Análise de tendência
 5. Descrição sumária de uma aplicação informatizada possível desenvolver
 6. Conclusões
- Referências

Resumo

Depois de uma breve resenha histórica do Controlo de Gestão Industrial, propomos um novo modelo de controlo da performance de uma qualquer estrutura organizada para a prossecução de objectivos com racionalidade económica. A oportunidade surgiu por considerarmos insuficiente a forma pela qual o *software* de controlo de gestão existente no mercado trata os dados e mostra os resultados sob a forma de diversos indicadores (KPI – *Key Performance Indicators*), também representados graficamente sob a forma de mostradores analógicos.

O modelo proposto possibilita a obtenção em cada período de controlo de um valor global de mérito da organização analisada bem como dos vários níveis da estrutura, dentro de uma escala universal, não específica de cada organização e que toda a gente entende.

A exemplo do *software* existente, o modelo proposto parte de uma estrutura hierarquizada de objectivos seleccionados de modo a conformar uma organização tradicional por funções (objectivos estratégicos, departamentais ou intermédios e operacionais) ou uma organização matricial por processos de acordo com os quatro eixos do *Balanced ScoreCard*, Kaplan (1996).

Cada um daqueles objectivos é também descrito quantitativamente por uma métrica. Esta, porém, no modelo proposto, é transformada numa escala de mérito. Este modelo combina a análise multicritério, Saaty (1996) e as curvas métrica-mérito, Sink (1989). O centro de responsabilidade sob avaliação recebe no fim de cada período de controlo uma pontuação de mérito global numa escala fixada arbitrariamente (tipicamente entre 0 e 10 ou 0 a 20). O topo da escala de cada métrica é ajustado progressivamente ao longo do tempo em resultado do *bench-marking* realizado e negociado com o responsável do centro. Este procedimento oferece uma melhor forma de influenciar os comportamentos de todos os colaboradores no sentido de uma gestão por objectivos operacionais alinhados com a estratégia da empresa.

O modelo proposto comporta ainda duas funcionalidades: i) a priorização dos objectivos mais carentes de melhoria e ii) alertas para a eminência de uma qualquer métrica atingir um valor limite indesejável. No primeiro caso, a priorização é conseguida em consequência de uma análise da sensibilidade do mérito global a variações das métricas dos vários objectivos que integram a estrutura. No segundo caso, os alertas são conseguidos em resultado de análises de tendência dentro de horizontes temporais predefinidos para as várias métricas.

Os pacotes existentes no mercado de controlo da performance de gestão não permitem as funcionalidades atrás expostas. O OCG poderá todavia integrar-se naqueles pacotes como um *add-on* opcional.

1. Estado actual do conhecimento

Os fundamentos de uma prática de gestão profissionalizada e de métodos de controlo da performance dessa gestão remontam ao final do século XIX com os trabalhos de Frederick Taylor. Este notável engenheiro iniciou o estudo científico do trabalho sobre o qual se basearam todos os desenvolvimentos posteriores. O século XX foi pródigo no aparecimento de novos métodos de gestão Kaplan et al. (1991) e os métodos de controlo evoluíram por duas grandes fases temporais: a fase do controlo centrado nos custos e a fase centrada nos objectivos. Nos pontos que se seguem, traçam-se em traços gerais os factos mais marcantes durante estas duas fases.

1.1 Fase do “Controlo de custos”

Frederick Taylor foi um dos pioneiros do controle de gestão industrial. Taylor desenvolveu a contabilidade analítica, a cronometragem e o controle dos tempos de mão-de-obra directa, os *standards*, a alocação dos custos indirectos na base dos tempos de mão-de-obra ou dos tempos máquina, a gestão dos *stocks* e a remuneração proporcional ao rendimento, durante os últimos anos do século dezanove. O edifício integrado: "contabilidade geral, contabilidade analítica, controle das operações através dos custos, controle dos investimentos através da rentabilidade", estava assim constituído. Este mesmo edifício serve, ainda hoje, de base à gestão de muitas empresas mas encontra-se em rápida evolução.

Lorino (1992, p. 8 a 13), descreve os quatro princípios da lógica de controlo tayloriana, os quais contribuíram para que durante um século se verificasse o maior crescimento industrial e a maior prosperidade da história: 1) estabilidade, 2) informação perfeita, 3) a performance produtiva equivale à minimização dos custos, 4) o custo global é equivalente ao custo do factor de produção dominante.

Monitorar a performance, era para Taylor, monitorar a produtividade do trabalho directo. A introdução do cronómetro na fábrica permite a Taylor associar a quantidade de trabalho fornecido a um tempo, sob condição de o trabalho ser indiferenciado, ou seja, quaisquer parcelas de tempo serem equivalentes. Por outras palavras, para o tempo ser mensurável o trabalho deve ser repetitivo e normalizado, e não um trabalho criativo. As condições históricas justificam esta hipótese: a indústria americana tentava absorver a enorme reserva de mão-de-obra não qualificada fornecida pelas grandes vagas de imigração europeia de origem rural, propondo tarefas repetitivas fáceis de aprender.

Encontram-se pois reunidos todos os elementos para medição: o custo medido em horas reais, o produto medido em horas *standard* e a produtividade medida pela relação entre aqueles. Resta encontrar as "alavancas" de monitoragem adequadas. A instauração por Taylor da remuneração proporcional ao trabalho fornece a resposta: recompensando pecuniariamente o rendimento, orientam-se os comportamentos individuais para a produtividade do trabalho directo, logo para a performance global com a qual aquela se identifica.

Durante o século XX, com o progressivo aumento da procura de bens essenciais por parte das populações e de bens de equipamento por parte dos industriais, sobretudo no pós-segunda-guerra mundial, foi necessário produzir em grandes quantidades, permitindo ganhos substanciais de economias de escala e, logo, o abaixamento dos preços o que ocasionou a aceleração da procura de ainda mais e mais produtos e incentivou o crescimento da oferta com mais e mais empresas a entrarem nos mercados.

Nesta fase, os sistemas de controlo de gestão estavam basicamente focados no controlo dos resultados – financeiros, mais propriamente. Tratava-se essencialmente de um controlo “pelo retrovisor” – quando a empresa se apercebia da existência de um problema originado a nível operacional, a maioria das vezes já era demasiado tarde para corrigir, dado a inércia da organização assente em hierarquias rígidas, inspiradas, por sua vez, nas estruturas militares: “acontecimento – reportar ascendentemente – ponderar e tomar uma decisão – comunicar descendentemente – actuar”. Os chamados *tableaux de bord* – por analogia com o painel de instrumentos de um avião – são desta época.

Os sistemas de controlo consistiam exclusivamente num controlo de custos.

1.2 Fase do “Controlo por objectivos”

Nas décadas de 60 e 70 do século XX, a saturação dos mercados com a oferta de produtos – progressivamente já não “tão essenciais” – conduziu à sofisticação da procura e à adaptação da oferta a estes novos requisitos. Emergem as sociedades de consumo. As empresas que continuavam a disputar um lugar “ao sol” encetaram a diferenciação e assim emergiram novas tecnologias e novas formas de organização, as quais procuraram conciliar a necessária flexibilidade na adaptação a alterações do mercado – cada vez mais turbulento e imprevisível – com a produtividade. Esta tendência verifica-se ainda hoje.

O ciclo descrito atrás de “acção – reacção” teve de diminuir drasticamente. Para tal, as empresas tiveram de “achatar” as estruturas hierárquicas, providenciar o emagrecimento das suas estruturas de comando e controlo ao mesmo tempo que entregavam maiores níveis de autoridade e responsabilidade aos operadores (*empowerment*) proporcionando-lhes, simultaneamente, maiores níveis de competências. Competências de saber “estar” (*team building*) e saber “saber” para além do clássico saber “fazer” multiplicaram-se desde então. Neste ambiente progressivamente mais complexo e dinâmico, o controlo de gestão teve de adaptar-se também pois os desalinhamentos entre os objectivos decididos a nível operacional (agora com pessoal mais qualificado e autónomo) e os pretendidos a nível estratégico nem sempre eram consonantes. Alguma fricção instala-se. A este propósito Jordan (et al.) (p. 21) diz o seguinte: *“De um estudo realizado pelos autores em 1987 sobre o controlo de gestão nas empresas portuguesas, salientam-se as seguintes reacções negativas dos operacionais em relação ao sistema de controlo de gestão da sua empresa:*

- *Os operacionais consideram o controlo de gestão como um instrumento da direcção geral para fiscalizar estritamente “o que acontece” nos diversos sectores da empresa;*
- *Manifestam um acerta hostilidade contra as intervenções do controlador de gestão;*
- *E, sobretudo, os operacionais consideram os instrumentos de controlo de gestão como a área “reservada” do controlador e não como uma ferramenta de gestão pessoal que lhes permita analisar melhor os seus resultados, avaliar melhor as suas possibilidades de acção e orientar melhor as suas futuras decisões.”*

Entramos na época do controlo de gestão por objectivos (ou pelos resultados). O controlo de gestão é definido e apresentado segundo oito princípios, Jordan et al. (2003, p. 21 e 22): *“O controlo de gestão é um conjunto de instrumentos que motivem os responsáveis descentralizados a atingirem os objectivos estratégicos da empresa, privilegiando a acção e a tomada de decisão em tempo útil e favorecendo a delegação de autoridade e responsabilização.”* E continua propondo oito princípios do controlo de gestão

1º Princípio: Os objectivos da empresa são de natureza diversa, pelo que, os instrumentos de controlo de gestão não se referem apenas à dimensão financeira.

2º Princípio: A descentralização das decisões e a delegação da autoridade são condições do exercício do controlo de gestão.

3º Princípio: O controlo de gestão organiza a convergência de interesses entre cada divisão ou sector e a empresa no seu todo.

4º Princípio: Os instrumentos de controlo de gestão são concebidos com vista à acção e não apenas à documentação e burocracia.

5º Princípio: O horizonte do controlo de gestão é fundamentalmente o futuro e não apenas o passado.

6º Princípio: O controlo de gestão actua muito mais sobre as pessoas do que sobre os números.

7º Princípio: O sistema de sanções e recompensas é parte integrante do controlo de gestão.

8º Princípio: *Os actores de primeira linha no controlo de gestão são muito mais os responsáveis operacionais do que os controladores de gestão.*”

1.2.1 Gestão matricial

Outra tendência que se vem verificando nas empresas desde os anos 90 do século passado, quando pretendem pôr em marcha a concretização de projectos estruturantes, como é o caso de transformações da organização ou a substituição ou alteração de linhas de produção (os chamados trabalhos novos, os quais são normalmente incumbência da manutenção) – projectos longos e exigentes em termos de cumprimento de contratos, prazos e custos –, torna-se apropriada e desejável a conciliação de uma gestão simultaneamente orientada por áreas funcionais (departamentos) e orientada por projectos (actividades).

Uma organização com estas características (ver a Figura 1), designada por matricial, deverá permitir que:

- O gestor de cada função (estrutura vertical) se empenhe activamente em acções que visem a contenção dos custos dentro dos níveis orçamentados, a melhoria contínua da produtividade e qualidade das actividades desenvolvidas;
- O gestor de cada projecto (estrutura horizontal) se empenhe activamente em acções que visem a satisfação do cliente (cumprimento dos prazos e dos níveis de qualidade estabelecidos) e a contenção dos custos dentro dos níveis orçamentados.

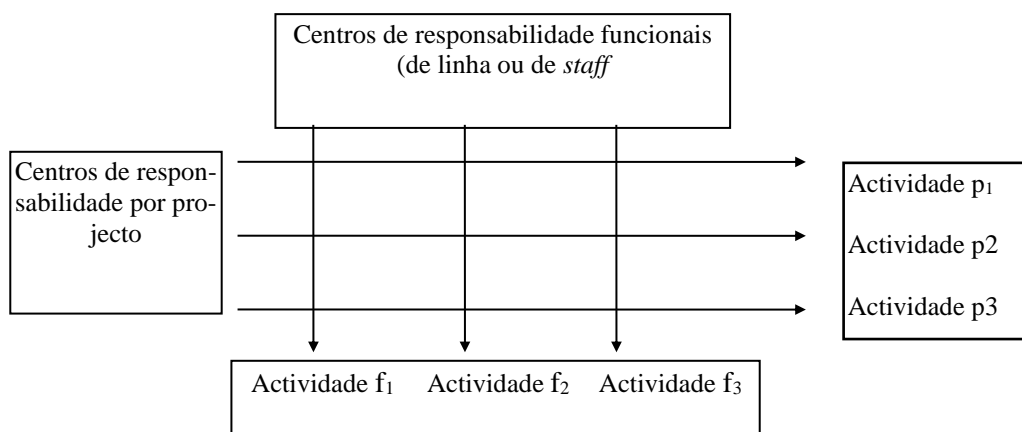


Figura 1 – Coexistência de actividades de linha e de actividades orientadas por projecto

Dentro desta perspectiva, o gestor de cada projecto contrata internamente serviços que são prestados pelos gestores funcionais (responsáveis pelos centros de responsabilidade, de linha ou de *staff*). Todas as acções desenvolvidas, quer as que visem o cumprimento de contratos (exploração corrente) quer aquelas que visem pequenas ou grandes mudanças estruturais (produtividade, expansão/contracção, diversificação/concentração, etc.) devem poder enquadrar-se nos objectivos tácticos dos centros de responsabilidade (funcionais ou por projecto). Estes, por sua vez, devem enquadrar-se nos objectivos estratégicos da empresa, de forma a constituir um todo harmonioso. Assim, toda a acção deve ser precedida de fases de avaliação (enquadramento nos objectivos) e de planeamento de realização. Uma vez em curso, cada acção deve ser monitorada, avaliados os desvios em relação ao planeado (retroacção) e decididas eventuais acções correctivas. Para funcionar, um tal sistema depende de informação verdadeira gerada sobre o

acontecimento e rapidamente tratada de forma a ficar disponível em tempo útil para todos os que na organização devem avaliá-la e decidir.

Mais uma vez um sistema de controlo de gestão baseado nos objectivos se torna de fundamental importância.

1.2.2 O *Activity Based Costing* (ABC)

Os sistemas tradicionais de contabilidade de custos, desenvolvidos durante os anos 20 e 30 do século XX, foram revelando a sua inadequabilidade face aos novos ambientes de produção industrial, caracterizados por estruturas que apresentavam um rácio crescente de recursos indirectos sobre recursos directos (indirectos ou directos em relação aos objectos de custo – frequentemente os produtos). Os sistemas tradicionais encontravam-se desajustados face às necessidades impostas pela dinâmica da evolução tecnológica e organizacional, operada entretanto e, como tal, não permitia a obtenção de dados fidedignos que suportassem um controlo eficaz de gestão e a tomada criteriosa de decisões.

Os sistemas convencionais de contabilidade de custos assentam no princípio de economias de escala, isto é, no pressuposto de que a componente fixa e indirecta do custo unitário de um produto será tanto menor quanto maior for o volume produzido. Esta lógica constitui a essência dos sistemas tradicionais de contabilidade de custos. Estes sistemas usam medidas de volume tais como: horas de mão-de-obra directa, horas máquina, ou custos de material, como base para alocação dos custos de estrutura (fixos) aos produtos. Estes critérios encontram-se hoje desactualizados e desacreditados em muitas empresas, pois a componente mão-de-obra directa na estrutura de custos de um produto tem vindo a reduzir-se progressivamente (atingindo 1 a 2 % em certos casos). Em contrapartida, a crescente adopção de tecnologias flexíveis de fabrico (CAD/CAM, NC/CNC, Robótica, etc.), tem aumentado a complexidade das unidades fabris, as quais necessitam, para ser geridas eficazmente, de sistemas de gestão (ERP, MIS, DSS), igualmente complexos. Em consequência, crescem os investimentos em imobilizado e cresce o pessoal técnico e administrativo, que apoia todos estes equipamentos e, logo, crescem os custos de estrutura. Por outro lado, as novas formas de organização flexível (JIT, TQM, TPM), orientadas para a produção em fluxo e com pessoal polivalente, inviabiliza de vez a mão-de-obra directa como critério de absorção de custos de estrutura.

Tendo em conta que muitas decisões estratégicas de mercado são tomadas tendo como base o conhecimento da rentabilidade de cada produto (quociente da margem de contribuição unitária pelo custo unitário), compreende-se a enorme importância deste assunto e o risco da tomada de más decisões com base em critérios distorcidos de repartição de custos de estrutura (o grande "bolo") pelos vários produtos. De referir também a enorme dificuldade sentida pelos analistas na identificação de custos e economias previsionais, necessários para justificar economicamente investimentos em novas tecnologias (os intangíveis tornaram-se uma "moda"!).

Foi neste contexto que Kaplan et al. (1990) desenvolveram um novo método de contabilidade de custos que designaram por *Activity Based Costing* ou Custeio Baseado nas Actividades (CBA). Este método vem sendo implementado em empresas líderes em todo o mundo e baseia-se no princípio de que os produtos, os clientes, os mercados, ou outros objectivos de custo, consomem actividades, e que as actividades, por sua vez, consomem recursos (ver a Figura 2). Ou seja, desaparecem os chamados custos fixos, e o custo de um produto (cliente, mercado, projecto, etc.) passa a determinar-se através de uma identificação pormenorizada de todas as actividades e de uma quantificação do *output* de cada actividade consumida.

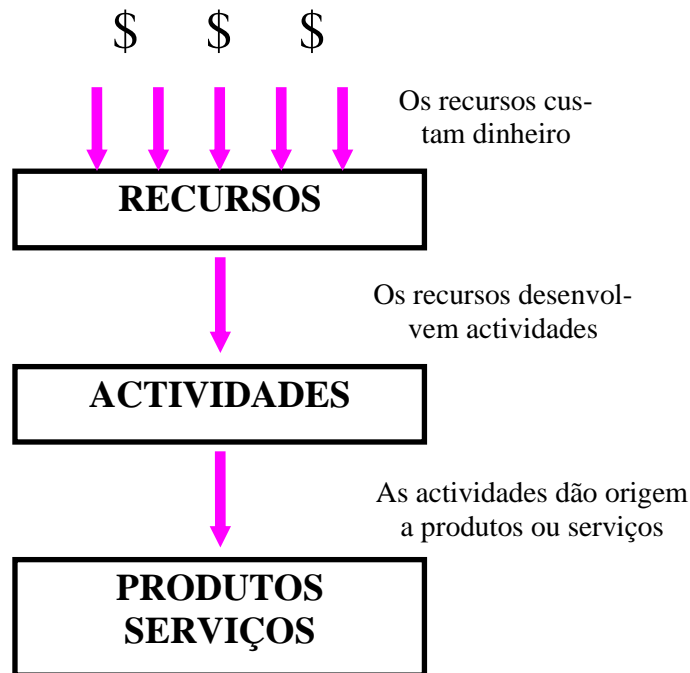


Figura 2 – Lógica do CBA na imputação de custos

Hoje, para que uma empresa consiga vantagens competitivas é determinante conhecer continuamente a resposta precisa às seguintes questões:

- Quais os factores de custo que influenciam directamente cada uma das linhas de produto, cada mercado e cada cliente?
- Qual o padrão de comportamento dos custos de cada actividade e como variam os custos com o seu volume?
- Qual a forma mais correcta de realização de cada actividade de forma a maximizar o seu valor acrescentado (minimizar o desperdício)?
- Como variam os custos de estrutura com o volume de negócios? Quais os custos evitáveis se o volume tiver que baixar?
- Qual o posicionamento da actual estrutura de custos, capacidade utilizada e outros indicadores não financeiros comparativamente à concorrência?
- Como fazer baixar continuamente o custo dos produtos actuais e futuros?

As empresas que iniciaram este processo de reconversão depararam com grandes surpresas ao confrontarem-se com matrizes de rendibilidades por produto, cliente, mercado, muito diferentes das anteriormente proporcionadas pelos sistemas de contabilidade tradicional. Há mesmo casos de produtos e de clientes que inverteram o seu sinal de rendibilidade, em resultado da maior precisão de identificação de custos proporcionada pelo sistema CBA. Estas empresas atravessam agora uma fase de reconversão das suas estratégias e reposicionamento dos *mix* de produtos/ mercados/ clientes.

O CBA proporciona os meios para um efectivo controlo de gestão e apoio à decisão em casos como selecção do *mix* de produtos, fixação de preços de venda, selecção de estratégias de marketing e novos investimentos.

O CBA, devido à sua fundamentação em actividades, torna mais fácil o controlo do desempenho destas, incluindo as de manutenção de equipamentos e de instalações.

1.2.3 O *Balanced ScoreCard*

Nos anos 90 do século passado, surgiu uma nova metodologia: o *Balanced Score Card* (BSC), proposta por Kaplan et al. (1996), a qual veio sistematizar uma visão integrada operacional e financeira no controlo de gestão, coerente com os objectivos estratégicos da organização em cada momento. O BSC apresenta-se sob a forma de quatro dimensões sequenciais na perspectiva causa-efeito. São elas:

- Desenvolvimento organizacional;
- Processos internos;
- Clientes;
- Financeira.

A Figura 3 resume estas quatro dimensões.



Figura 3 – As quatro dimensões do BSC

Do último efeito para as sucessivas causas, teremos:

1.2.3.1 Dimensão Financeira

O BSC, analisa a dimensão financeira do desempenho, porque as medidas financeiras são essenciais para evidenciar as consequências económicas da estratégia implementada, nomeadamente se se está a contribuir para o aumento dos resultados. Os objectivos financeiros, costumam relacionar-se com a rentabilidade, medida, por exemplo, pelos proveitos de exploração, pelo rendimento do capital investido ROI (*Return On Investment*) ou pelo EVA (*Economic Value Added*). Outros objectivos económicos, podem ser a rentabilidade das vendas ou o crescimento do *cash-flow*.

1.2.3.2 Dimensão dos Clientes

O BSC, analisa a dimensão dos clientes no desempenho, porque as medidas de satisfação dos clientes são essenciais para evidenciar as consequências da estratégia implementada, nomeadamente se está a contribuir para a sustentação (fidelização) da base de clientes ou mesmo a alargar esta. Essas medidas incluem o grau de satisfação (proporcional ao valor acrescentado percebido pelo cliente), a taxa de retenção, a taxa de aquisição de novos clientes, a rentabilidade dos clientes e as quotas de mercado nos vários segmentos. Esta perspectiva permite melhor articular as operações com a estratégia mais adequada para cada segmento.

1.2.3.3 Dimensão dos Processos Internos

O BSC, analisa a dimensão dos processos internos críticos (aqueles em que a organização deve ser excelente), porque são estes que, dando origem a produtos ou serviços, contribuem em última instância para satisfazer os accionistas, clientes, fornecedores, colaboradores e a sociedade em que a organização se integra.

A sequência de actividades de negócio, compreende 3 sub-cadeias:

1. Projecto e especificação, com as actividades de: I&D; *design*; gestão da qualidade; engenharia de operações;
2. Adição de valor, com as actividades de: compras; logística de entrada; produção e logística de saída;
3. Serviço, com as actividades de: instalação; suporte e manutenção da satisfação do cliente;

1.2.3.4 Dimensão de Desenvolvimento Organizacional (aprender, inovar e crescer)

O BSC, analisa a dimensão da aprendizagem inovação e crescimento no desempenho, porque a empresa deve construir um processo de melhoria e crescimento a longo prazo, identificando os factores de sucesso para o presente e futuro. Os recursos necessários para conseguir estes objectivos são: as pessoas; os sistemas e os procedimentos. A organização deve encontrar um conjunto de indicadores que traduzam o resultado do seu investimento nestes 3 recursos.

Foram estes os acontecimentos que mais marcaram as duas grandes fases do controlo de gestão: pelos custos e, depois, pelos objectivos.

2. Medição da performance

A medição da performance (ou desempenho) de um qualquer objecto de controlo é feita numa base periódica. A medição da performance faz-se tradicionalmente através de indicadores (descritores ou métricas) de natureza financeira, os quais são coligidos e disponibilizados aos responsáveis das várias áreas operacionais, tipicamente, no fim de cada mês. A forma pela qual estes indicadores são apresentados denomina-se frequentemente *tableaux de bord* por analogia com o painel de controlo de um equipamento complexo.

A evolução temporal de um qualquer indicador fornece uma ideia de como determinada dimensão da performance se está comportando – se no sentido crescente, decrescente, ou se se encontra estabilizada.

Por outro lado, quando normalizado, um indicador de performance de uma determinada área de negócio numa empresa pode ser comparado entre os parceiros de indústria. O melhor valor do indicador entre os parceiros passa a constituir uma referência e os parceiros tentam alcançá-lo. Esta prática é conhecida por *benchmarking* e é hoje generalizada, decorrendo de um dos princípios da gestão pela qualidade total: procura permanente das melhores práticas.

Nas duas últimas décadas, verificou-se a preocupação em integrar indicadores de natureza operacional nos sistemas de controlo de gestão. Com efeito, os indicadores de natureza financeira retratam a ponta final de uma situação que começa por se manifestar em termos operacionais. Quando as consequências financeiras são conhecidas, é já demasiado tarde para se decidirem medidas correctivas. Tendo também em conta que um sistema de controlo de gestão deve constituir uma ferramenta que permita alinhar toda a organização pelos mesmos objectivos

estratégicos, fácil será de concluir que aquele deve proporcionar informação pormenorizada e atempada a todos os intervenientes dos processos de negócio. Só assim se poderá influenciar os comportamentos dos gestores no sentido pretendido pela alta direcção e responsabilizá-los pelos resultados. A este propósito segundo Lorino (1991) “*Entre os grandes objectivos da empresa e a realidade dos comportamentos quotidianos não existe convergência espontânea. Haverá, quanto muito, convergência forçada pois que cada um cultiva o seu "jardim secreto" ao abrigo dos olhares indiscretos.*”

2.1 Variação métrica-mérito

Tendo em conta que um sistema de controlo de gestão deve conseguir influenciar o comportamento dos gestores, aquele deve cumprir dois requisitos essenciais: i) ser esclarecedor (sabemos onde estamos e para onde vamos), ii) motivador (temos empenho em chegar mais longe). Com este objectivo presente, depreendemos que a forma como o mérito de cada objectivo varia com a sua métrica deve ser modulada por uma função que traduza a dose de esforço que o gestor mobiliza no prosseguimento de níveis crescentes de performance. Esta ideia foi desenvolvida pela primeira vez por Scott Sink (1989).

Cada uma destas funções pode ser representada num gráfico em que as abcissas são construídas com os valores possíveis assumir pela métrica e as ordenadas são expressas numa escala de 0 a 10 (ou qualquer outra) representando o mérito. O valor 0 representa o nível mínimo que alguma vez poderá ser atingido e o valor 10 o nível máximo possível atingir a curto prazo (conhecido o melhor valor praticado entre os parceiros de indústria).

A Figura 4 ilustra o caso de uma função na qual o mérito é descrito por uma polinomial de terceiro grau com dois pontos de inflexão. Nesta figura, o mérito apresenta, de uma forma geral, proporcionalidade directa com a métrica – começa por crescer desacelerando com o aumento da métrica, moderadamente depois e acelerando no final. Esta evolução traduz a convicção de que exige muito esforço iniciar a melhoria deste indicador (resistência à mudança), podendo depois evoluir moderadamente e exigir progressivamente maior esforço conforme o seu valor tende para o limite máximo (a fasquia).

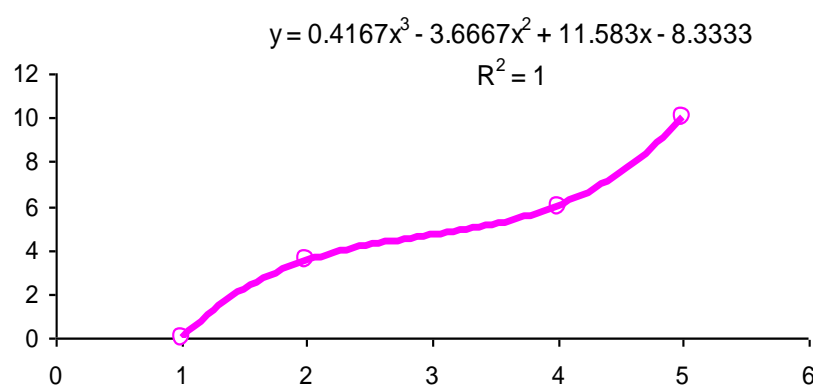


Figura 4 – Relação métrica - mérito crescente, representada por uma função polinomial de 3º grau

A Figura 5 ilustra outra situação. Esta função, também de terceiro grau, traduz a constatação frequente de que é fácil melhorar aquilo que está mal e é progressivamente mais difícil melhorar aquilo que já está bem. Assim, a curva começa por subir moderadamente (proporcionando reduzidos ganhos de mérito) e acelera depois, proporcionando ganhos crescentes de mérito conforme nos aproximamos do limite mínimo (a fasquia).

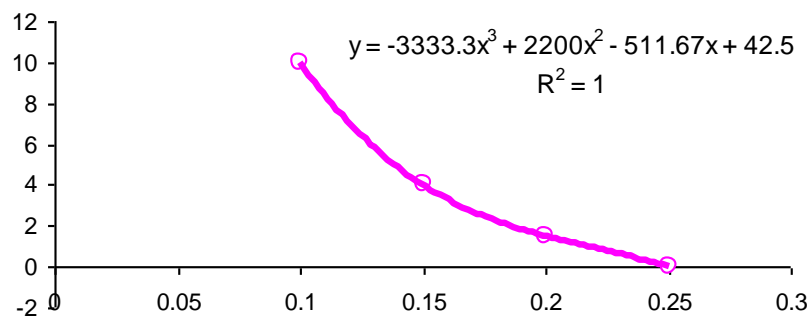


Figura 5 – Relação métrica – mérito decrescente, representada por uma função polinomial de 3º grau

Estas funções são deduzidas por algoritmos de regressão polinomial baseados nos mínimos quadrados e podem ser obtidas automaticamente no MS-EXCEL através da função residente LINEST ou podem ser programadas em .NET. Uma vez no *software*, bastará introduzir os valores de mérito correspondentes à vigésima quinta (25ª) e septuagésima quinta (75ª) partes da amplitude de valores possíveis da métrica, tomando como referência, os valores que a função assumiria se fosse linear (ver o Quadro 1 e a Figura 6).

Quadro 1 – Valores de mérito *y* em função de valores da métrica *x* quando a função é linear (recta) ou polinomial (curva)

Métrica (<i>x</i>)	Recta Mérito (<i>y</i>)	Curva Mérito (<i>y</i>)
1	0	0
2	2.5	4
4	7.5	6
5	10	10

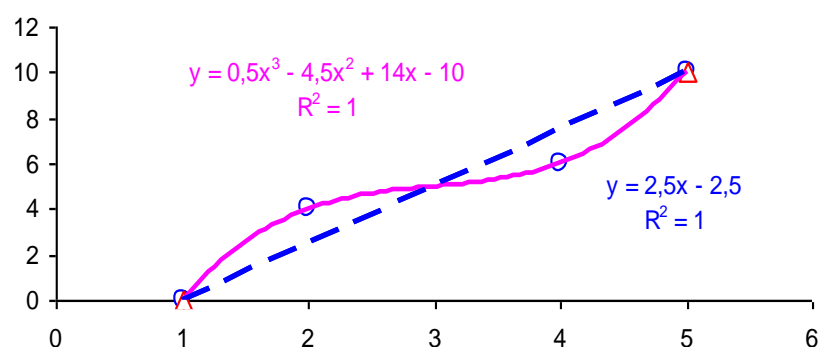


Figura 6 – Relação métrica-mérito representada por uma função linear ou por uma função polinomial de 3º grau

2.2 Avaliação multi-objectivo do mérito

Muitos métodos foram desenvolvidos nestes últimos anos de forma a possibilitarem a análise multicritério de alternativas de decisão Ferreira et al. (2001). De entre estes, houve um que se popularizou bastante catapultado por empresas de consultoria multinacional e por uma aplicação informática chamada EXPERT-CHOICE. Este método de avaliação multicritério (ou multiobjectivo) foi desenvolvido por Saaty (1996) e foi designado *Analitycal Hierarchy*

Process (AHP). Uma vez adaptado ao contexto do controlo de gestão, consideramos mais apropriada a sua designação por Método Hierárquico Multiobjectivo (MHM).

O MHM é particularmente adequado para estruturar um problema complexo considerando vários critérios de uma forma hierárquica. A comparação dois a dois de elementos (atributos, critérios, subcritérios, etc.) pode realizar-se usando uma escala que permite avaliar em que medida um elemento domina outro segundo a perspectiva de um elemento de nível imediatamente superior. Este processo de escalonamento pode depois ser transformado em graus de prioridade (preferência, satisfação ou utilidade) na comparação de diferentes alternativas de decisão. Uma aplicação alternativa do MHM consiste em avaliar qualitativamente a evolução temporal de sucessivos períodos de gestão, a qual é exactamente a proposta no modelo aqui descrito.

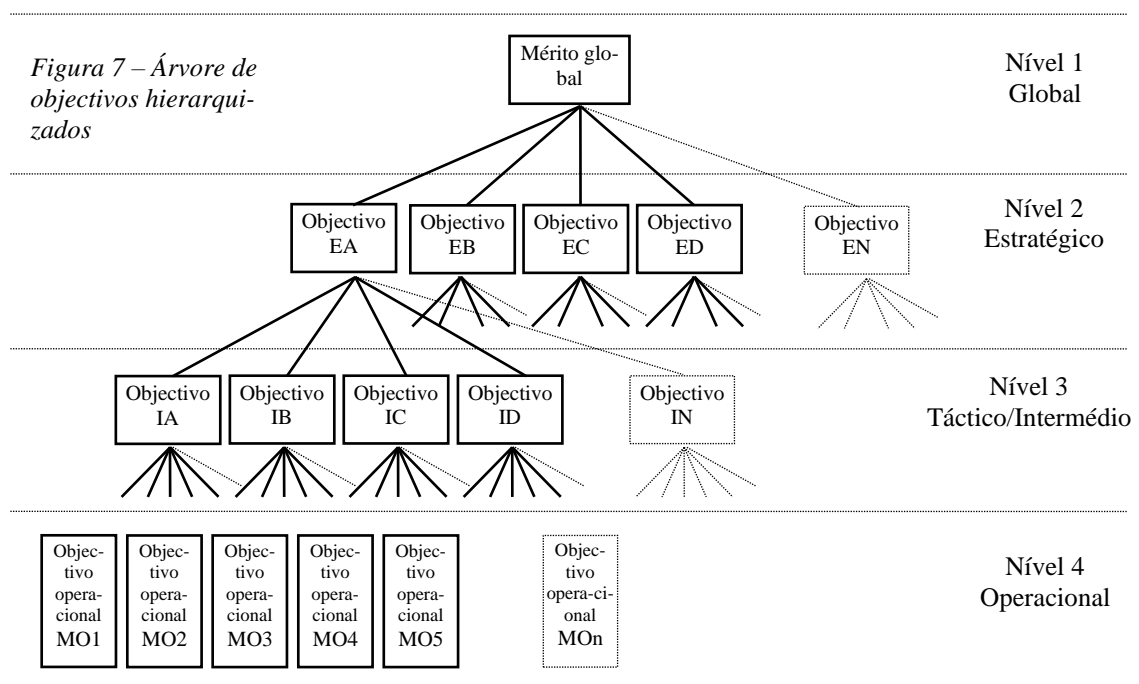
O MHM comporta cinco fases:

1. Construção de uma hierarquia de elementos relacionados e identificação de alternativas de decisão;
2. Determinação da importância relativa dos critérios e (eventuais) subcritérios;
3. Determinação do peso de cada alternativa à luz de cada critério (ou subcritérios);
4. Determinação dos indicadores de coerência das comparações dois a dois;
5. Determinação do peso (ou classificação) global de cada alternativa.

O processo de cálculo dos vectores de preferência e dos rácios de coerência é normalmente complexo e moroso pelo que se torna obrigatório o recurso ao cálculo automático.

2.2.1 Construção de uma hierarquia

O MHM começa por decompor um problema de decisão complexo numa hierarquia de sub problemas. A Figura 7 mostra a forma clássica de uma hierarquia MHM.



O objectivo último (*the bottom line*) ou mérito global encontra-se representado no topo (nível I). No nível II encontram-se representados os objectivos considerados pertinentes para o alcance do objectivo. Os próximos níveis descendentes podem conter subobjectivos, sub-subobjectivos, etc. As alternativas em avaliação ou os sucessivos períodos de controlo são representadas no nível mais baixo.

A Figura 8 ilustra o caso simples de uma hierarquia de controlo da Eficiência Operacional de uma linha de produção cujas métricas e valores respectivos apurados no último período de controlo se podem ver no Quadro 2.

Quadro 2 – Exemplo de valores de métricas conseguidos num período de controlo

Capital imobilizado em stock	Rendimento das matérias	Incumprimento dos prazos	Reclamações	Qualificação
(Toneladas médias em curso / Toneladas processadas no mês)	(Toneladas processadas no mês – Toneladas rejeitadas no mês) / Toneladas processadas no mês	Desvio médio absoluto (dias) entre os prazos verificados e o prazo acordado / N° de entregas no mês	N° de reclamações no mês / N° de entregas no mês	Diferença de pontos entre os perfis de competência pretendidos e os perfis existentes / Pontos dos perfis pretendidos
0,055	0,93	0,35	0,04	0,06

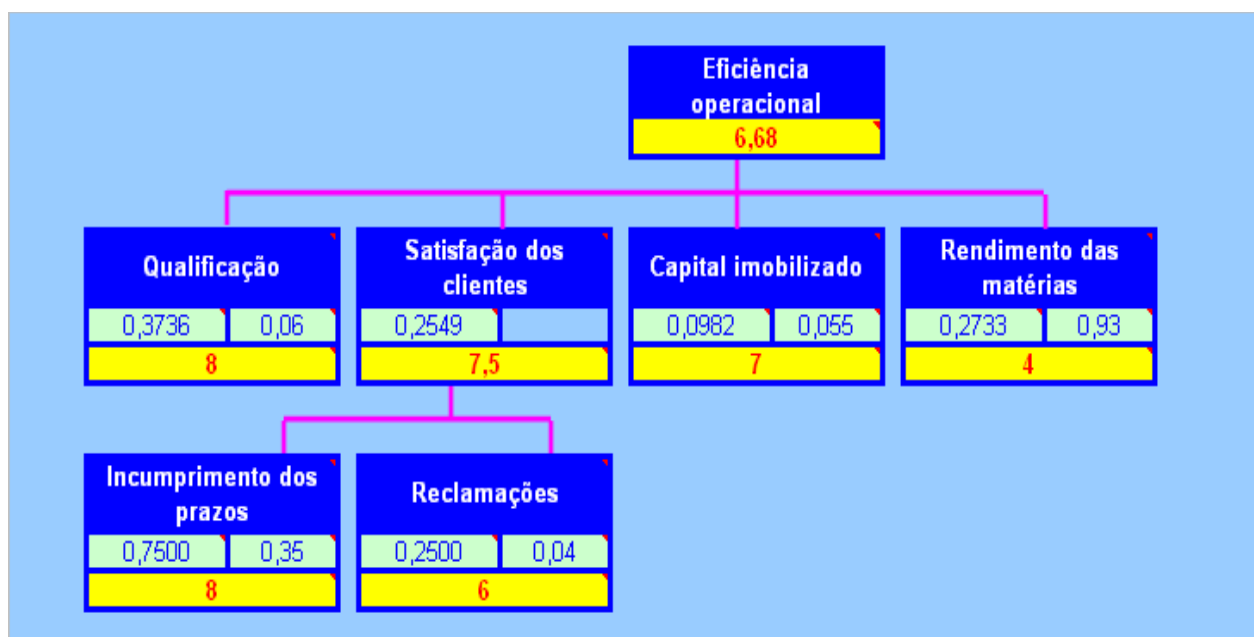


Figura 8 – Estrutura de objectivos e respectivos méritos conseguidos (pesos à esquerda a azul, métricas à direita a azul e mérito em baixo a vermelho)

A matemática do MHM é baseada no princípio da composição de hierarquias. Segundo este princípio, os elementos que integram um mesmo nível hierárquico são independentes entre si. Considere-se, por exemplo, o nível II da Figura 7. De acordo com este princípio todos os critérios que nele figuram são independentes, isto é, uma alteração da métrica de um destes critérios não implica a alteração do valor da métrica de qualquer outro critério.

2.2.2 Matriz de comparação dois a dois

Uma vez estabelecida a hierarquia de objectivos à luz dos quais a performance deve ser avaliada, atribuem-se pesos (ou importâncias) a cada objectivo que figura em cada nível daquela

de modo a que somem 1. Estes pesos obtêm-se em diálogo com o responsável do centro de responsabilidade em análise. De modo a minimizar a subjectividade na sua avaliação, o MHM utiliza um método de comparação dois a dois dos vários objectivos que figuram a um mesmo nível na hierarquia, tendo em conta a contribuição de cada um deles para a prossecução do objectivo ao nível imediatamente superior. Esta avaliação é acompanhada de perguntas do género: “Contribuindo para o objectivo “X”, em que medida considera mais importante o critério “A” do que o critério “B”?”. A resposta a estas questões toma a forma de um valor entre 1 e 9 e dos seus recíprocos. A magnitude da resposta indica o grau de preferência de um elemento da decisão em relação a outro. De uma forma geral, devemos considerar o referencial de preferências descrito no Quadro 3.

Quadro 3 – Referencial de preferências

	Escala de preferências
. Se x é tão importante (preferível) como y, então ...	1
. Se x é pouco mais importante (preferível) do que y, então ...	3
. Se x é mais importante (preferível) do que y, então ...	5
. Se x é muito mais importante (preferível) do que y, então ...	7
. Se x é muitíssimo mais importante (preferível) do que y, então ...	9

Os números pares 2, 4, 6 e 8 podem ser usados na representação de compromissos entre as preferências da escala acima. As comparações inversas, ou seja y em relação a x, são estabelecidas através dos recíprocos da escala de preferências. Por exemplo, o Quadro 4 mostra uma matriz onde foram inscritas as preferências resultantes da comparação dois a dois dos cinco critérios, genericamente designados A, B, C, D e E.

Quadro 4 – Matriz de preferências dos critérios

	A	B	C	D	E
A	1	1/3	5	6	5
B	3	1	6	7	6
C	1/5	1/6	1	3	1
D	1/6	1/7	1/3	1	1/4
E	1/5	1/6	1	4	1

Nesta matriz podemos ver, por exemplo, que o critério C foi considerado pouco mais importante do que o critério D (preferência 3) e tão importante como o critério E (preferência 1). Notar que a diagonal onde se intersectam os mesmos critérios se encontra, logicamente, preenchida com o valor 1. Notar também que os valores inscritos em cada célula são inversos dos valores inscritos nas células simétricas em relação àquela diagonal.

2.2.3 Cálculo do vector de prioridades (ou dos pesos dos elementos da matriz)

Em termos de cálculo matricial, os pesos dos elementos da matriz obtêm-se calculando o vector principal da matriz e normalizando-a depois, de forma a somar 1. Continuando com o exemplo do ponto anterior, representamos todos os elementos da matriz sob a forma decimal e somamos depois todas as colunas. Em seguida, dividimos cada elemento da matriz pelo resultado da soma da coluna a que pertence. Calculamos depois as médias aritméticas das várias linhas da matriz resultante, obtendo-se finalmente o vector principal (ou vector de prioridades). Estes cálculos encontram-se representados seguidamente no Quadro 5.

Quadro 5 – Soma das colunas da matriz de preferências dos objectivos

	A	B	C	D	E
A	1	1/3	5	6	5
B	3	1	6	7	6
C	1/5	1/6	1	3	1
D	1/6	1/7	1/3	1	1/4
E	1/5	1/6	1	4	1
$\Sigma =$	4,567	1,810	13,333	21,000	13,250

Quadro 6 – Matriz normalizada de preferências dos objectivos

	A	B	C	D	E
A	0,219	0,184	0,375	0,286	0,377
B	0,657	0,553	0,450	0,333	0,453
C	0,044	0,092	0,075	0,143	0,075
D	0,036	0,079	0,025	0,048	0,019
E	0,044	0,092	0,075	0,190	0,075
$\Sigma =$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

O vector principal será, pois:

Quadro 7 – Vector principal dos objectivos

A	0,288
B	0,489
C	0,086
D	0,041
E	0,095
$\Sigma =$	1,000

2.2.4 Determinação da coerência dos julgamentos

Na comparação dois a dois, sobretudo nos casos em que existem muitos objectivos que contribuem para um mesmo objectivo no nível superior da hierarquia, podem originar-se incoerências. A sua eventual existência deve pois ser confirmada. A avaliação de coerência consiste em confirmar se existe transitividade de preferência da matriz resultante da comparação dois a dois. Com efeito, se julgarmos que o critério A é duas vezes mais importante do que o critério B e que o critério B é duas vezes mais importante do que o critério C, havendo coerência cardinal perfeita, verificaremos que o critério A é quatro vezes ($2 \times 2 = 4$) mais importante do que o critério C. Quando a coerência não é perfeita, é possível medir a amplitude do afastamento desta através de um rácio; o rácio de incoerência $RC = 1 - IC/IA$.

Este rácio mede a relação entre dois índices:

- IC – índice de coerência, resultante da comparação dois a dois do processo efectivamente realizado;
- IA – índice aleatório, resultante do mesmo processo de comparação dois a dois, mas no qual os resultados foram gerados aleatoriamente entre 1 e 9.

Segundo o MHM, o RC deve apresentar um valor $\geq 0,9$ para que o processo de comparação seja considerado suficientemente coerente.

O índice de coerência (IC) dos julgamentos que tiveram lugar durante a construção da matriz do exemplo anterior, resultaria igual a 0,077198. O índice aleatório (IA) para cinco objectivos (de tabelas) é igual a 1,12. O rácio de coerência RC será, então:

$$RC = 1 - IC / IA = 1 - 0,077198 / 1,12 = 0,931073$$

Como $RC > 0,9$ podemos concluir que a comparação dois a dois dos objectivos para obtenção do vector principal é suficientemente coerente.

2.2.5 Incerteza na atribuição de preferências

O MHM não prevê a possibilidade de levar em conta a incerteza na atribuição de pesos a um mesmo objectivo. Esta incerteza pode resultar quando a mesma pessoa tem dúvidas sobre que valor atribuir entre 1 e 9 ou quando é necessário que várias pessoas contribuam com as opiniões e não haja consenso. Neste caso, propomos a construção de um modelo de simulação de Monte Carlo que incorpore a incerteza nos julgamentos, sendo eliminadas as corridas das quais resultem graus de coerência inferiores ao valor limite 0,9. No caso de várias pessoas contribuírem com os seus julgamentos, propomos a equi-probabilidade no intervalo entre os valores extremos de preferência manifestados (distribuição de probabilidade rectangular). De outra forma, estaríamos tomando partido e enviesariamos os resultados. Todavia, no caso de uma única pessoa, propomos que a distribuição de probabilidade seja uma triangular.

Suponhamos que, ainda no exemplo anterior, não conseguimos obter a unanimidade dos julgamentos por parte de várias pessoas intervenientes na comparação dos critérios C e E com o critério D. O coordenador da reunião anotou assim os dois valores extremos de preferência para cada par de comparações:

C versus D: valor mínimo = 2; valor máximo = 4

E versus D: valor mínimo = 7; valor máximo = 9

A matriz de preferências terá sido assim será preenchida (Quadro 8):

Quadro 8 – Matriz de preferências dos objectivos do exemplo

Object.	A		B		C		D		E	
A	1	1	4	4	4	4	4	4		
B			1	1	3	3	3	3		
C					1	1	2	4		
D							1	1		
E	4	4	6	6	6	6	7	9	1	1

Admitindo um nível de confiança de 0,95 para o cálculo do intervalo de confiança da média da estatística de teste (o grau de coerência, neste caso) e, por exemplo, 100 corridas (o seu número deverá mais tarde ser ajustado de modo a que o erro amostral resulte inferior a um determinado limite aceitável), obteremos os seguintes resultados:

- Valor esperado = 0,9170 (aproximadamente);
- Erro amostral = 0,32% (aproximadamente);
- Iterações suficientemente coerentes = 67% (aproximadamente);
- Conclusão: “O grau de coerência é = 0,917”

O número de iterações foi suficiente pois o erro amostral é inferior aos limites normalmente aceites (até 5%).

A interpretação destes resultados é a seguinte: em 100 iterações, cerca de 60 resultaram em valores do grau de coerência acima de 0,9. Destes, o grau de coerência esperado resultou aproximadamente igual a 0,917. As restantes 40 iterações foram descartadas.

Os pesos esperados foram os seguintes (aproximadamente):

Quadro 9 – Valores de mérito esperados dos cinco objectivos do exemplo

Objectivos	A	B	C	D	E
Valor esperado	0,2316	0,1195	0,0741	0,0460	0,5288
Ordem (ranking)	2	3	4	5	1

No método que acabámos de propor para calcular os valores esperados dos pesos, limitámo-nos a repetir o seu cálculo n vezes. Em cada uma das n iterações, constatámos se existia ou não coerência suficiente, descartando estas últimas. Por fim, calculámos os valores médios (valores esperados) dos pesos obtidos nas iterações sobranes n_s .

Se quiséssemos agora saber qual a probabilidade de dois quaisquer objectivos com pesos esperados próximos (por ex. B e C) virem a trocar o seu lugar na ordem de preferências (por ordem decrescente dos pesos), teríamos de tratar em frequência os valores dos pesos obtidos nas n_s iterações e determinar a zona de sobreposição. Será, contudo, mais fácil se tratarmos em frequência apenas a estatística correspondente à diferença dos pesos de B e C (Dif_{BC}). A Figura 9 ilustra esta possibilidade.

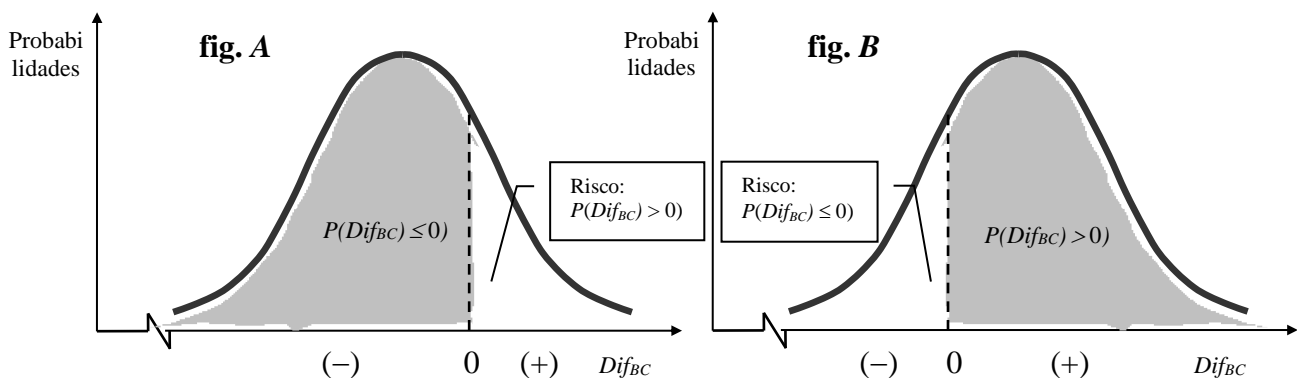


Figura 9 – Quando o Dif_{BC} esperado é > 0 (fig. B), a probabilidade de o resultado esperado se inverter é $P(Dif_{BC} < 0)$. Quando o Dif_{BC} esperado é < 0 (fig. A), a probabilidade de o resultado esperado se inverter é $P(Dif_{BC} > 0)$.

Se levarmos a cabo a análise do modo formulado, constatamos que a probabilidade de quaisquer intervalos de valores dos pesos dos cinco objectivos se sobreporem é nula. Isto acontece apenas porque a variabilidade obtida da comparação dois a dois dos objectivos C com D (valor mínimo = 2; valor máximo = 4) e dos objectivos E com D (valor mínimo = 7; valor máximo = 9) ser muito reduzida.

Outra abordagem possível, conduzindo a resultados próximos Hauser (1996), é a que consiste em repetir o cálculo conforme descrito anteriormente e, em cada iteração, em lugar de tomarmos nota dos valores dos pesos assumidos por cada um dos objectivos, fazê-lo antes em relação à sua ordem de preferência (por ordem decrescente dos pesos). Estes, uma vez tratados em frequência, denunciam quantas vezes se revelaram em primeiro lugar, segundo, terceiro, etc.

Criámos um modelo de simulação no EXCEL e, depois de 1.000 iterações, obtivemos 665 coerentes. Nestas últimas, determinámos com que frequência cada objectivo era classificado em primeiro lugar, segundo, terceiro, etc. e obtivemos os seguintes resultados:

Quadro 9 – Valores de mérito esperados dos cinco objectivos do exemplo

Objectivos	A	B	C	D	E
Valor esperado	0,2667	0,2	0,1333	0,0667	0,3333
Ordem (ranking)	2	3	4	5	1

A Figura 10 mostra os resultados obtidos pelos dois métodos.

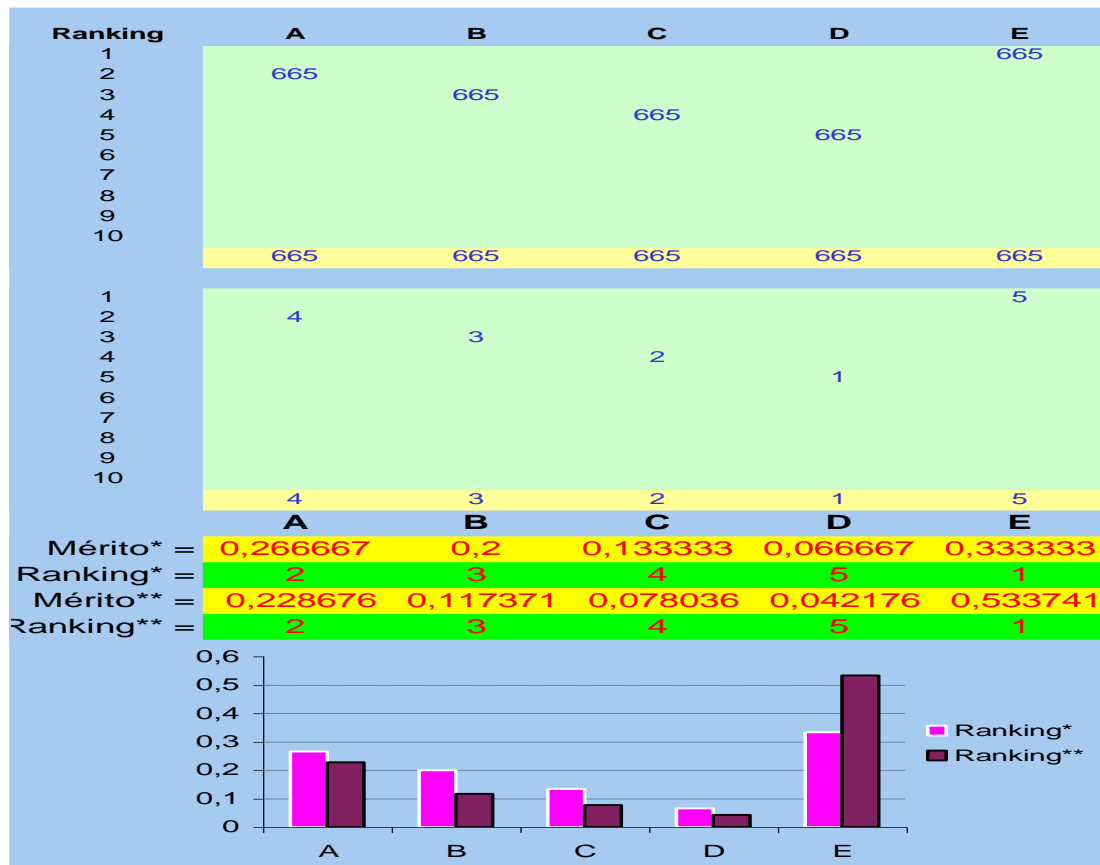


Figura 10 – Resultados do simulador recorrendo a dois métodos estatísticos diferentes mas que conduzem ambos ao mesmo ranking. Observa-se que o método ** inflaciona o objectivo com maior preferência.

É interessante notar que, se alargássemos até ao limite máximo o intervalo de preferências da comparação dois a dois dos objectivos C com D (valor mínimo = 1; valor máximo = 9) e dos objectivos E com D (valor mínimo = 1; valor máximo = 9), obteríamos apenas 165 iterações coerentes (de 1.000) e já uma sobreposição das ordens 4 e 5 pelos objectivos C e D, conforme ilustrado na Figura 10. Neste caso, observamos na Figura 11 que o objectivo C apresenta uma probabilidade de, aproximadamente, 0,87 de assumir a ordem 4 e 0,13 de assumir a ordem 5 e que o objectivo D apresenta uma probabilidade de, aproximadamente, 0,25 de assumir a ordem 4 e 0,75 de assumir a ordem 5.

Numa perspectiva estritamente matemática, poderíamos acrescentar que existe uma probabilidade igual a 0,13 de C assumir o quinto lugar e uma probabilidade igual a 0,25 de D assumir o quarto lugar.

Ranking	A	B	C	D	E
1					1
2	1				
3		1			
4			0,866667	0,248485	
5			0,133333	0,751515	
6					
7					
8					
9					
10	1	1	1	1	1

Figura 11 – Resultados do simulador quando ampliamos até ao limite (1 – 9) o intervalo de preferências da comparação dois a dois dos objectivos C com D e E com D

Os valores esperados dos pesos teriam sido os mostrados seguidamente. Conforme podemos observar – e seria de antecipar –, o valor esperado do objectivo C é maior do que o do D. Podemos também constatar que o ranking se manteve, o que demonstra que, neste caso, esta variável de decisão não é sensível aos valores de preferência entre os objectivos C-D e E-D. Uma conclusão prática que poderíamos inferir, era a de que não valeria a pena um grande esforço na tentativa de gerar um consenso envolvendo estes três objectivos.

Quadro 10 – Valores de mérito esperados dos cinco objectivos do exemplo pelo segundo método

Objectivos	A	B	C	D	E
Valor esperado	0,2646	0,1985	0,1235	0,0826	0,3308
Ordem (ranking)	2	3	4	5	1

Em resumo, podemos dizer que este método permite tomar em consideração as opiniões de diferentes pessoas, minimizar a subjectividade dos julgamentos e responsabilizar o grupo pelas decisões tomadas.

3. Análise de sensibilidade

Após a constatação de que o mérito global poderia ter sido melhor, interessa responder à questão: o que fazer? Para responder a esta questão é necessário realizar a análise da sensibilidade do mérito global a melhorias percentuais de qualquer um dos objectivos que integram a estrutura.

Supondo a melhoria de x% de cada um dos objectivos de uma estrutura, interessará determinar qual o impacto (medido também em percentagem) que estas melhorias poderão ocasionar no mérito global. Estes impactos poderão ser apresentados ordenados por ordem decrescente sob a forma de uma tabela ou sob a forma de um gráfico de barras, constituindo assim um precioso auxiliar para a priorização de acções a empreender de melhoria (análise de Pareto). A Figura 12 ilustra um exemplo no qual podemos ver o impacto no mérito global da melhoria de 5% de cada um de 24 objectivos. O objectivo com maior impacto é o 4.6, o 4.4.2 vem em segundo lugar, o 1.1.3 em terceiro, o 4.1 em quarto e assim sucessivamente. As duas cores diferenciam os objectivos cuja relação métrica-mérito é crescente dos objectivos em que esta relação é decrescente.

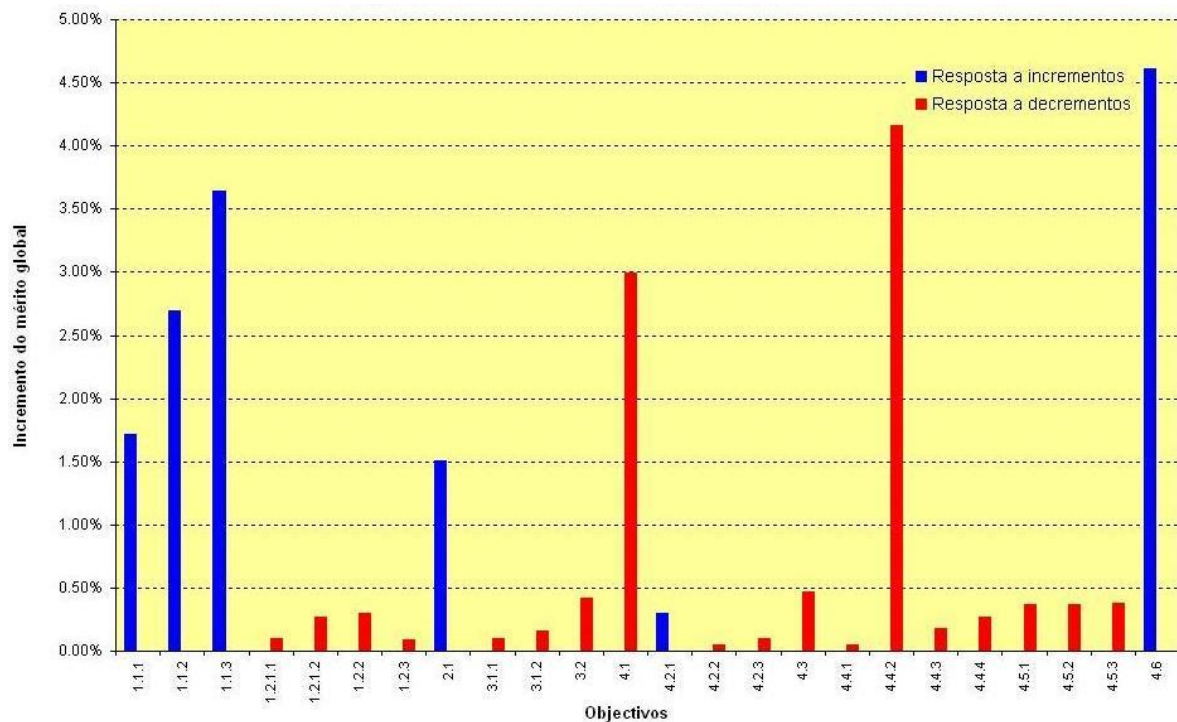


Figura 12 – Resultado da análise de sensibilidade do mérito global a um incremento (ou decremento) de 5% de qualquer das métricas

A partir desta lista, proceder-se-á i) à análise das causas que contribuem para cada um dos resultados, ii) à identificação de medidas correctivas (acções de melhoria) e iii) às necessárias avaliações custo-benefício. As acções de melhoria que tiverem sido seleccionadas serão depois prioritizadas e o seu progresso monitorizado nos próximos períodos de controlo.

4. Análise de tendência

Tão importante quanto a análise de sensibilidade que visa a priorização das acções de melhoria, interessa dispormos de alertas para a eminência de um qualquer dos objectivos ser contrariado. Isto pode conseguir-se através de algoritmos de análise da evolução de cada métrica ao longo dos últimos n períodos e projectando a sua tendência dentro de uma janela temporal composta por m períodos.

A Figura 13 mostra um exemplo de monitorização de uma métrica. A sua tendência linear foi construída a partir dos últimos 5 períodos e extrapolada para os 5 períodos seguintes.

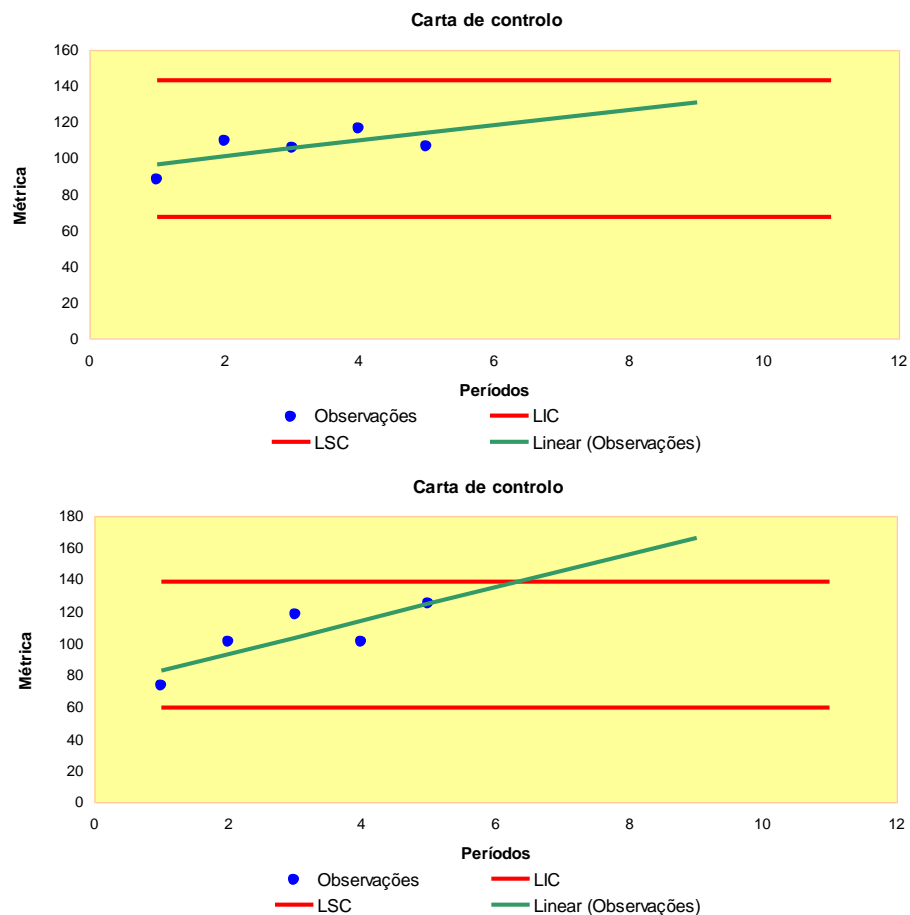


Figura 13 – Tendência dos valores de uma métrica. No segundo caso, a tendência denuncia a eventualidade de esta atingir um valor indesejável já no próximo período de controlo.

5. Descrição sumária de uma aplicação informatizada possível desenvolver

Numa versão preliminar, poderá desenvolver-se uma aplicação que importa dados de documentos em EXCEL, os trata através dos algoritmos descritos acima e exporta os resultados para outros dois documentos EXCEL. Estes documentos serão, por sua vez, ligados a uma base de dados (BD) através de programas de *interface* desenhados à medida. Esta BD guarda a estrutura de objectivos ponderados válida para cada objecto de controlo. Esta estrutura só poderá ser modificada por alguém autorizado mediante a introdução de uma *palavra-chave*. No fim de cada período de controlo de gestão, o utilizador chama a estrutura de cada objecto de controlo e introduz manualmente os valores das métricas observadas nesse período. A aplicação calculará então o mérito correspondente ao valor de cada métrica. Os resultados serão depois exportados para uma folha auxiliar e, desta, poderão passar para a mesma BD. A BD guardará assim, quer as estruturas válidas em cada momento quer o histórico dos méritos de cada objecto de controlo.

6. Conclusões

A combinação do método hierárquico multicritério MHM com as curvas de conversão métrica-mérito integrada na lógica do *Balance ScoreCard* permite construir um referencial de avaliação contínua da performance de um qualquer centro de resultados. Obtivemos uma hierarquia com vários níveis de objectivos alinhados permanentemente com a estratégia da empresa e que podem ser ponderados de acordo com a opinião de uma ou mais pessoas. A possibilidade de

modelação das curvas de transformação das métricas em mérito veio, por outro lado, criar uma forma de maior comprometimento e motivação dos gestores na prossecução dos objectivos. A análise de sensibilidade do mérito global a variações das métricas dos objectivos e a análise de tendência dos indicadores constituem duas funcionalidades de valor acrescentado, as quais tornam possível, respectivamente, a priorização de acções de melhoria e a disponibilidade de alertas para os casos em vias de se tornarem problemáticos. O método pode ser facilmente programável em *software* e constituir um *add-on* de aplicações de controlo de gestão já existentes ou ligar-se directamente a uma base de dados através de programas de *interface* desenvolvidos à medida.

Referências

- BRACHET, D. *et al*, *Indicateurs de Maintenance*, CETIM, Paris, 2000
- CUIGNET, Renaud, *Gestion de l'Entretien*, Dunod, Paris, 2002
- FERREIRA, Manuel Alberto M., Rui Menezes, Margarida Cardoso, et al. *Temas em Métodos Quantitativos – Vol. 2*, Edições Sílabo, Lisboa, 2001
- HANSEN, Robert C., *Overall Equipment Effectiveness*, Industrial Press Inc., New York, 2001
- HAUSER, David *et al*, *The Analytical Hierarchy Process in an uncertain environment: A simulation approach*, European Journal of Operational Research 91, p.27-37, 1996
- JORDAN, Hugues, J.C. Neves e J. Azevedo Rodrigues, *O Controlo de Gestão*, Áreas Editora, Lisboa, 5ª, 2003
- KAPLAN, Robert S., *Measures for Manufacturing Excellence*, Harvard Business School Press, Boston, 1990
- KAPLAN, Robert S. E Robin Cooper, *The Design of Cost Management Systems*, Text, Cases and Readings, Prentice Hall, New Jersey, 1991
- KAPLAN, Robert S. e David P. Norton, *Balanced ScoreCard*, Harvard Business School Press, Boston, 1996
- LORINO, Philippe, *Le Contrôle de Gestion Stratégique*, Dunod Entreprise, Paris, 1992
- MATHER, Daryl, *An Introduction to the Maintenance Scorecard*, Industrial Press Inc., New York, 2004
- SAATY, Thomas L., *Decision Making for Leaders*, AHP Series, 1996
- SINK, Scott, e Thomas Tuttle, *Planning and Measurement in your Organization of the Future*, Industrial Engineering e Management Press, 1989
- TEIXEIRA, Sebastião, *Gestão das Organizações*, McGraw-Hill, Lisboa, 1998
- TSANG, Albert H.C., *A Strategic Approach to Managing Maintenance Performance*, Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 4, No. 2, p.87-94, The Hong Kong Polytechnic University Press, 1998
- WIREMAN, Terry, *Developing Performance Indicators for Managing Maintenance*, Industrial Press Inc., New York, 1998