

# Uso do AHP para identificação de perdas da qualidade em empresas de manufatura: um estudo de caso

*Use of AHP to identify quality losses in manufacturing companies: a case study*

Juliana Valença Sousa<sup>1</sup>

Taciana de Barros Jerônimo<sup>2</sup>

Fagner José Coutinho de Melo<sup>3</sup>

Joás Tomaz de Aquino<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduada em Administração pela Faculdade de Ciências Humanas de Pernambuco – FCHPE, Especialista em Gestão da Produção Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Recife, PE [Brasil]. juliana\_valenca2@me.com

<sup>2</sup>Professora do Departamento de Administração da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Doutora em Engenharia de Produção pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pernambuco – PPGEP/UFPE. Recife, PE [Brasil]

<sup>3</sup>Graduado em Administração, Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, e Doutorando em Engenharia de Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pernambuco – PPGEP/UFPE. Recife, PE [Brasil]

<sup>4</sup>Graduado em Administração pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE e Mestre em Administração no Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal de Pernambuco – PROPAD/UFPE. Recife, PE [Brasil]

## Resumo

Esta pesquisa apresenta um método para identificar as perdas em qualidade nos processos produtivos. As empresas de manufatura estudadas foram aquelas alocadas dentro do perímetro do Complexo Industrial Portuário de Suape em Pernambuco. No método de identificação, consideraram-se duas alternativas para avaliação das perdas: “não perda em qualidade” e “perda em qualidade”, e por meio da aplicação de um questionário estruturado com respostas que concernem a variáveis direta ou indiretamente envolvidas com a qualidade foi possível coletar os dados necessários para utilização do método multicritério Analytic Hierarchy Process (AHP). Os resultados demonstraram a aplicabilidade do método para obter a resposta à pergunta: “De que maneira a metodologia AHP pode contribuir para a priorização das perdas em qualidade?”. Verificou-se que pelos critérios considerados pelos decisores, e julgados com o AHP, a resultante do vetor de decisão demonstrou que todos, uns mais que outros, são fatores geradores de perda em qualidade.

**Palavras-chave:** Analytic Hierarchy Process (AHP). Perdas. Qualidade.

## Abstract

This study presents a method for identifying the losses in quality in production processes. The companies that were studied for this research were located within the perimeter of the Suape Industrial Port Complex in the state of Pernambuco. The identification method considered two alternatives for analyzing the losses: “no loss in quality” and “loss of quality. We applied a structured questionnaire with answers that directly or indirectly relate to variables involved with quality and were able to obtain data to use the multi-criteria Analytic Hierarchy Process (AHP). The results demonstrated the applicability of the method and answered the question: “How can the AHP methodology contribute to the prioritization of losses in quality?” It was found that according to the criteria used by decision-makers and judged by AHP, the result of the decision vector demonstrated that all criteria - some more than others - are contributing factors to losses in quality.

**Keywords:** Analytic Hierarchy Process (AHP). Losses. Quality.

## 1 Introdução

No atual panorama em que as condições política, econômica e social se encontram em situação crítica e em processo de reformulação dentro e fora do Brasil, aspectos como a concorrência entre países e blocos econômicos forçam um direcionamento das empresas pela redução de custos e perdas, mas também pelo aumento da qualidade, da rapidez, da eficiência e da eficácia, bem como da produtividade no atendimento das necessidades dos clientes (Borba Prá & Miguel, 2013; Cavalcanti, Cavalcanti Filho, Fortes, Neto, & Pereira, 2015; Jerônimo, Queiroz, Silva, Nogueira, & Cavalcanti, 2015; Melo, Melo, Jerônimo, & Aquino, 2016; Sousa, 2012).

Nesse sentido, se destacam gerencialmente, as filosofias do Sistema Toyota de Produção (STP), Lean System ou Manufacturing e o Just in Time (JIT) (Shingo, 1986). Ambas incentivam sistematicamente a eliminação das perdas ou desperdícios por meio da eficiência produtiva mitigando qualquer processamento que não agregue valor ao sistema. E como filosofia de produção, elas permeiam a empresa por meio da disseminação da cultura mediante o correto treinamento de seus funcionários (Svensson, 2001).

Entretanto, empregar de maneira cuidadosa os métodos de hierarquização ou priorização pode significar um melhor entendimento da importância da perda e seu referido controle. O gerenciamento das perdas conduz a uma maior atenção ao dispêndio de recursos quase sempre escassos e, por isso, faz-se necessário priorizar os tipos de perdas para que seja possível o gerenciamento da qualidade de modo diferenciado quando se realiza a comparação entre o produto real desenvolvido e o que foi projetado (Fortunato, Vieira Júnior, & Baptista, 2011; Piechnicki, 2013).

Esse gerenciamento pode ser feito por meio da utilização de diferentes tipos de critérios de

análise, mas, é sabido que cada um deles possui impacto diferente (maior ou menor escala) nos produtos. Salomon (2004) aponta que o método Analytical Hierarchy Process (AHP) é um dos mais utilizados em estudos científicos e pesquisas para esse fim.

Neste sentido, o atual estudo apresenta um modelo de priorização das perdas em qualidade utilizando o método Analytic Hierarchy Process (AHP), como proposta de solução para empresas de manufatura alocadas dentro do perímetro do Complexo Industrial Portuário de Suape. Dessa forma, tem-se a seguinte pergunta de pesquisa: “De que maneira o método AHP pode contribuir para a priorização das perdas em qualidade?”.

Para responder a esse questionamento, este trabalho teve como contexto as empresas que utilizam o sistema Toyota de produção (STP) e que estavam dentro do perímetro do complexo portuário de Suape. A importância e escolha destas empresas se deve ao fato de elas serem consideradas como ativo facilitador de negócios para o estado de Pernambuco (Moreira, 2015). Desta forma, a pesquisa foi estruturada a partir de uma breve fundamentação teórica e de sua metodologia. Em seguida, foram apresentados os resultados do estudo e, por último, as conclusões.

## 2 Referencial teórico

Para melhor compreensão deste artigo, serão apresentados nesta seção alguns conceitos sobre perdas em qualidade, decisão multicritério e uso do AHP.

### 2.1 Perdas em qualidade

Svensson (2001) explica que a eliminação de perdas se inicia com a utilização do mínimo necessário no setor produtivo. As bases dessa redução e incremento da qualidade estão preconizadas pelo

STP, são elas: (i) *jidoka* ou “autonomação” (autonomia das máquinas com um toque humano) que tem a “autoridade” para paralisar a linha de produção automaticamente, evitando-se a fabricação de produtos defeituosos; (ii) *andon* (sinal de luz) considerada uma ferramenta de gestão visual, que aponta os diversos tipos problemas numa linha de produção, inclusive os de qualidade, permitindo que se planeje a resolução de problemas, sem que haja a necessidade de se parar a linha de produção; (iii) *poka yoke* é um mecanismo de advertência anti-falha (por alarme ou sinalização de luz) de prevenção e de controle de defeitos (Shingo, 1986; Ohno, 1997).

E ainda conforme os autores supracitados, os principais custos que as perdas geram são: (a) custos de falhas internas (com sucata e retrabalho, interrupções dos fluxos, entre outras); (b) de falhas externas (por exemplo: de perda de clientes por produtos defeituosos, problemas antes da garantia expirar, processos de devolução); (c) de perdas de avaliação para detecção de defeitos (tais como controle estatístico de processo – CEP e inspeções antes dos produtos serem adquiridos pelos consumidores) e (d) custos de perdas de prevenção a fim de evitar defeitos (por exemplo: identificação de problemas potenciais, treinamento de pessoal e de fornecedores para a melhoria, revisão de processos e projetos de produtos).

Nesse contexto, há sete diferentes tipos de perdas ou desperdícios alocados no JIT, conforme Shingo (1996) e Ohno (1997):

- a) Defeitos – são falhas que afetam as especificações técnicas, de qualidade, de conformidade de peças, os subcomponentes e os produtos acabados, não atendendo aos requisitos de projeto e de uso. Deve-se procurar zerar os defeitos, mediante o treinamento contínuo da mão de obra.

- b) Espera – são atrasos no processamento de materiais ou informações etc. Enumerados em: espera do operador, do processo, do lote, ou do equipamento. Causam filas, alta taxa de utilização das máquinas, geram horas-extras, entre outros.
- c) Estoque – devem ser o mínimo, e de acordo com a demanda dos clientes. São separadas por excesso de material, de matérias-primas, em processamento (Work in Process – WIP), e de produtos acabados. Possivelmente pelo processamento de grandes lotes com tempos de *set-up*, *lead time* e sincronização incorretos.
- d) Movimentação – movimentação dos operadores.
- e) Processamento – desperdícios por excesso ou superprocessamento, falta de qualidade, inadequação ou por incorreção.
- f) Produção – apenas o necessário e na quantidade certa. É considerado uma das mais danosas pelo STP e podem ser informações retidas ou estoque físico. Consideram-se dois tipos, por quantidade e por antecipação (produção antes do tempo pré-estabelecido).
- g) Transporte – por movimentação desnecessária devido ao *layout* inadequado, falta ou insuficiência de treinamento.

Para melhor entender a origem destas perdas, Escalante (1999) aponta como possíveis causas de defeitos e variabilidades no produto, as condições do ambiente de trabalho desconfortáveis (umidade, luz fraca), ou relacionadas a máquinas (falhas, *set-ups* incorretos), ou ainda, problemas com a mão de obra (treinamento, técnica, atenção e prática insuficientes), bem como as diretrizes de qualidade mal estabelecidas ou orientadas, além disso, há os métodos e as padronizações não estáveis, matérias-primas danificadas, erros de medição e *design* do produto.

## 2.2 Decisão multicritério e uso do AHP

No modelo racional de tomada de decisão, em que se parte do pressuposto que o decisor utilizará da sua lógica para determinar uma escolha, consideram-se os critérios e as limitações contidas no cenário de um fenômeno ou problema estudado, no intuito de maximizar seu resultado (Jerônimo, Melo, & Aquino, 2016).

Como em todo processo decisório, os atores de decisão devem levar em conta possíveis elementos, fatores e critérios, precisam ser levados em consideração em uma mesma análise (F. A. M. Gomes, Gomes, & Almeida, 2002). No entanto, considerar “tudo” ou simplificar demais não levará a um resultado que reflita o cenário, o tempo (curto, médio e longo prazo), as consequências e os envolvidos no processo de tomada de decisão (L. F. A. Gomes & Duarte, 1992). Diante disso, é importante que os facilitadores ou agentes de decisão e os analistas da decisão compreendam o funcionamento entre os diversos métodos orientados para a tomada de decisão (Almeida, 2013; C. F. S. Gomes & Costa, 2015).

Dentre tantos métodos distintos é essencial, para uma melhor escolha, conhecer na essência, tanto quanto possível, a tipificação dos problemas (Malczewski, 1999), conforme descreve Jacques Ehrlich (1996), a maioria deles possui conflitos entre os múltiplos objetivos.

Diante do exposto, o método de análise hierárquica AHP será abordado neste trabalho, por ser um dos métodos mais difundidos e utilizados (Arcanjo, Amaral, & Pereira De Sá, 2015; Jerônimo, Melo, & Aquino, 2016; Wallenius, Dyer, Fishburn, Steuer, Zionts, & Deb, 2008) e por ter uma abordagem considerada simples. Em consequência disso, o decisor ou o grupo de decisores têm um melhor entendimento da estruturação do modelo e participam mais efetivamente da sua construção (Ehrlich, 1996). O método AHP

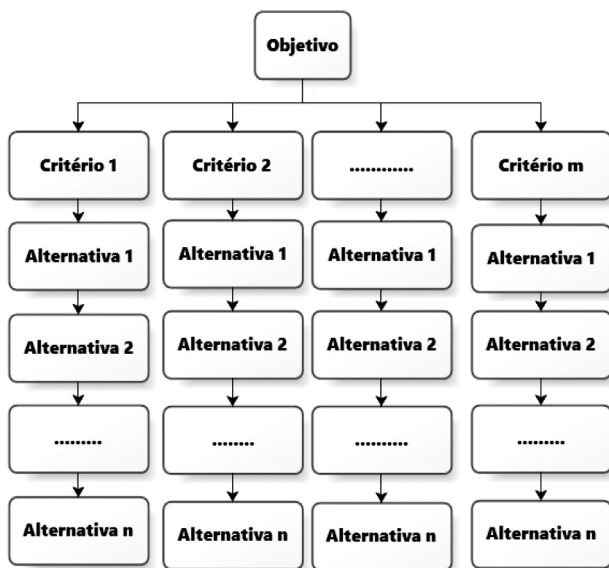
foi desenvolvido por Thomas L. Saaty, em meados de 1970, e, posteriormente, foi sendo aperfeiçoado pelos seus colaboradores para resolução de problemas de decisão multicritério de maior nível de complexidade (T. L. Saaty, 2008).

Ho (2008, p. 211) ainda aponta que “o AHP consiste em três operações principais, incluindo a construção de hierarquia, análise de prioridade e verificação de consistência”, apesar de ser uma estrutura considerada normativa, ainda carrega um nível de subjetividade. T. L. Saaty (2008) argumenta que, mesmo a escala de preferência sendo considerada objetiva, o julgamento e as preferências por parte do decisor terão sempre um caráter subjetivo, já que essas possuem pesos proporcionais ao grau de importância dado a elas pelo tomador de decisão. Assim, os pesos serão atribuídos aos diferentes critérios e alternativas que caracterizam uma decisão, possibilitando escolher a melhor opção de alternativa ao problema.

Saaty (2008) ensina como organizar e decompor de maneira normativa, que é feita em quatro passos, para se obter a decisão, conforme a Figura 1 que apresenta um modelo de estrutura hierárquica genérica de Tamarico, Urbina, Castilho, Salomon e Demenis (2013):

- 1) Definição do problema ou da meta a ser atingida.
- 2) Estruturação da hierarquia da decisão – os elementos da hierarquia devem ser agrupados conforme sua identidade e semelhança, iniciando pelo topo em que se encontra o objetivo da decisão. Em seguida, são listados os níveis intermediários compostos pelos critérios e seus subsequentes elementos e, por último, um conjunto de alternativas.
- 3) Construção da matriz de preferências do decisor dos critérios que serão julgados em pares, com base na escala utilizada.

4) Utilização das prioridades obtidas das comparações, elas são usadas para determinar os pesos relativos por meio do autovetor ( $V$ ) e, em seguida, para calcular o autovetor normalizado ( $W$ ). Isso deve ser feito para cada elemento, sendo necessário continuar esse processo até que as prioridades das alternativas no nível mais baixo sejam conhecidas, a fim de que, na sequência, seja possível comparar e priorizar os resultados e escolher a melhor alternativa.



**Figura 1: Estrutura hierárquica genérica**  
 Fonte: Tramarico et al. (2013).

T. L. Saaty (2008, p. 86) emprega uma escala subjetiva, denominada “escala fundamental de números absolutos” (apresentada na Figura 2). Essa é aplicada para se obter a intensidade da importância que o decisor tem, quando este faz a comparação nos pares de critérios de 1, 3, 5, 7 e 9 – que vão desde 1, que significa importância igual ou indiferença, até 9, demonstrando extrema importância ou preferência – números, como 2, 4, 6 e 8, são considerados moderados e traduzem a dúvida do decisor em determinar uma resposta. Vale ressaltar que ainda há nessa escala uma variação

de níveis de intensidade que vão desde os valores 1.1 até 1.9, e valores racionais como 5/4. Ou seja, a escala de preferência vai desde 1/9 (ou 0,111...) a 9,0 (Karapetrovic & Rosenbloom, 1999).

INTENSIDADE	DEFINIÇÃO DA IMPORTÂNCIA
1	IMPORTÂNCIA IGUAL
2	FRACO OU DESPREZÍVEL
3	MODERADA IMPORTÂNCIA
4	MAIS MODERADA
5	FORTE IMPORTÂNCIA
6	MAIS IMPORTANTE
7	MUITO FORTE OU IMPORTÂNCIA DEMONSTRÁVEL
8	MUITO, MUITO FORTE
9	EXTREMA IMPORTÂNCIA
1.1-1.9	SE AS ATIVIDADES ESTIVEREM PRÓXIMAS

**Figura 2: Escala de preferências**  
 Fonte: T. L. Saaty (2008, p. 86).

Sobre a utilização dos números decimais na escala fundamental, T. L. Saaty (2008, p. 86) define e explica que esse “trecho da escala de intensidade” é utilizado quando e onde há uma dificuldade do analista em escolher ou atribuir outro número dentre as outras opções oferecidas pela escala. Apesar de a diferença parecer pequena, esses valores indicam sua importância de forma refinada nos resultados finais de decisão (T. L. Saaty, 2008).

Por fim, no AHP, utiliza-se a análise de consistência lógica que verifica a consistência ou validade da coerência nas comparações elaboradas pelos gestores. A inconsistência pode surgir quando algumas comparações se contradizem umas com as outras, desta forma, no método AHP, calcula-se a taxa ou razão de consistência (RC) dos julgamentos, que é representada pela Equação 1 (T. L. Saaty, 1977; R. W. Saaty, 1987).

$$RC = \frac{IC}{IR} \tag{1}$$

Em que, IR = índice de consistência randômico, obtido para uma matriz recíproca de ordem  $n$ ,

com elementos não negativos, este fator é gerado randomicamente e está apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1: Índices de consistência randômico (RI)**

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IR	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

Fonte: T. L. Saaty (1977).

E o índice de consistência (IC) é dado pela Equação 2.

$$IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$$

Sendo  $\lambda_{m\acute{a}x}$  = maior autovalor (ou vetor normalizado) da matriz de comparações  $n$  = número de ordem da matriz.

Segundo T. L. Saaty (2008), se a razão de consistência for menor do que 0,1 (10%), pode-se afirmar que há consistência para prosseguir com os cálculos do método a condição de consistência dos julgamentos está preservada. Caso contrário, se  $RC \geq 0,10$ , os julgamentos devem ser refeitos até que a inconsistência seja atenuada (T. L. Saaty, 2008).

### 3 Metodologia

#### 3.1 Descrição da metodologia

A pesquisa se caracteriza como aplicada, pois consiste na geração de conhecimento para ser utilizado de forma prática e focado na solução de problemas considerados como particularizados ou específicos (Gil, 2007). Este é também um estudo de cunho quantitativo, já que a abordagem do problema foi feita por meio do método de análise hierárquica de processos (AHP).

Aplicou-se o método de abordagem do tipo dedutiva com a técnica de investigação observacional não participante para o levantamento de dados. Também foram utilizados questionários

compostos por perguntas que comparavam os critérios das alternativas, por meio da escala de Saaty. O estudo de caso foi feito em sete diferentes empresas situadas dentro do Complexo Industrial de Suape escolhidas pelo quesito localização e por trabalharem com indústria de transformação em Pernambuco.

A técnica de congregação de valores das respostas dos sete entrevistados seguiu a métrica Aggregation Individual Judgements (AIJ) que consiste, segundo apontam Forman e Peniwati (1998), em um método de agrupamento de julgamento das prioridades individuais. Contudo, essas prioridades individuais – em prol de um resultado que defina corretamente qual decisão deve ser tomada – tornam-se irrelevantes, pois a matriz final decorrente das matrizes anteriores, será o julgamento final e a derivação do julgamento de todos os respondentes.

As etapas de elaboração do trabalho para priorização das perdas, sob enfoque, da qualidade possuem os seguintes passos: (a) identificação das potenciais perdas, de acordo com a bibliografia; (b) análise de requisitos mínimos por meio do questionário aplicado; (c) classificação das perdas apresentadas; (d) relacionamento das duas variáveis (perda e não perda em qualidade) e determinação de um *ranking* de importância gerencial das perdas com uso do AHP.

#### 3.2 Estudo de caso: empresas no complexo de Suape

O complexo de Suape está localizado na Região Metropolitana de Recife – RMR, a 50 km da capital, entre as cidades de Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho, no litoral sul de Pernambuco. O complexo industrial portuário possui 105 empresas instaladas e 45 em processo de instalação. Conforme estimativas, de 7% a 8% do produto interno bruto (PIB) pernambucano estão relacionados ao desempenho econômico das empresas

localizadas em Suape, juntas elas geraram 25 mil empregos entre 2014 e 2015 (Moreira, 2015; Sindicato Nacional da Indústria da Construção e Reparação Naval e Offshore [SINAVAL], 2015).

Apesar das estimativas apresentadas, o Suape possui muitos problemas, principalmente no tocante aos altos custos operacionais, de manutenção e retenção de seus recursos humanos, além de uma infraestrutura deficitária. Seus modais de transporte, como o terrestre e o ferroviário, não suprem as demandas requeridas das empresas instaladas em tempo hábil, quando a logística dos materiais ocorre dentro e fora do estado de Pernambuco. As vias de acesso, como a BR-101, se encontram sucateadas e esburacadas, tornando o acesso cada vez mais complicado, tanto para quem trabalha, como para quem quer fazer negócios, ou apenas para quem deseja visitar o complexo.

Além do mais, Moreira (2015) complementa o panorama exposto, anteriormente, citando em seu artigo o que, o diretor-executivo de operações e logística da empresa Aliança, avalia sobre o porto de Suape, como sendo “complexo portuário mais caro da América do Sul”, com custos operacionais que chegam acima de 100% quando comparado aos dos demais portos brasileiros.

#### 4 O problema de classificação das perdas sob o enfoque qualidade: aplicação da metodologia proposta

O modelo de priorização proposto está apresentado na Figura 3 e as suas etapas estão descritas, a seguir, cujo principal objetivo é a redução dos desperdícios previstas/apontadas pelo modelo do STP por meio da classificação (“perda-da-qualidade” e “não-perda-da-qualidade”) e a posterior hierarquização desses desperdícios por nível de importância gerencial.

Desta forma, perda em qualidade é deixar de ter um produto ou serviço que antes era considerado confiável, acessível, seguro, que era entregue no período exato e que atendia aos desejos e necessidades do cliente ou ter um produto ou serviço que não apresenta mais alguma dessas características. Em suma, é deixar de usufruir da habilidade de um conjunto de características de um produto, processo ou sistema em atender os requisitos dos clientes e outras partes interessadas (Campos, 2004; Houaiss, 2007).

Assim, para que não haja perdas em qualidade é necessário que sejam observados certos elementos que podem interferir no resultado, ocasionando essas perdas – se, porventura, não forem considerados –, tais como o projeto do produto (ou serviço) deve ser perfeito, o produto não deve apresentar defeitos, ser de baixo custo, de manuseio seguro garantindo a integridade física e psico-

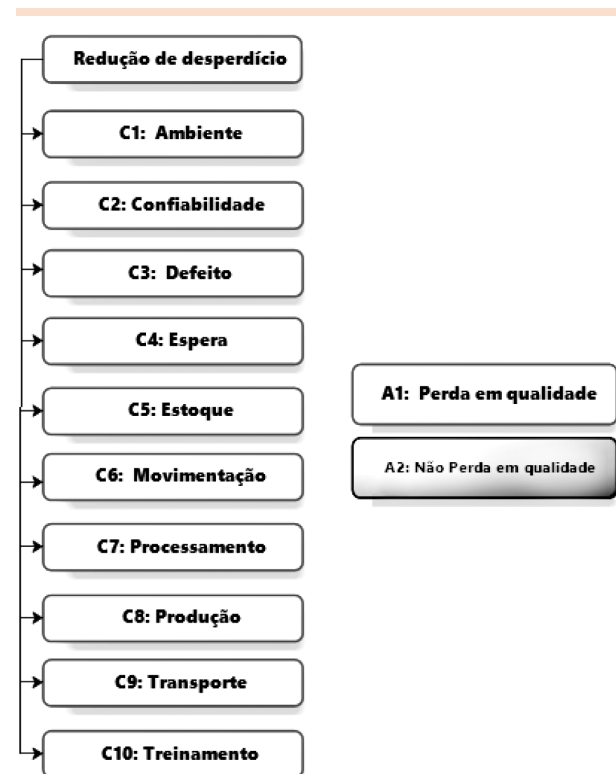


Figura 3: Modelo proposto da estrutura hierárquica das perdas

Fonte: Os autores.

lógica do cliente, ser entregue no prazo de tempo estipulado, no local indicado e na quantidade solicitada. Escalante (1999) exemplifica como causas de variações na qualidade dos produtos e de defeitos que afetam direta ou indiretamente a qualidade destes, o seguinte: (i) condições de trabalho / ambiente (salutar); (ii) máquinas / processamento / produção; (iii) material / espera / estoque; (iv) mão de obra / movimentação / treinamento / transporte; (v) método / confiabilidade; (vi) *design* robusto / requisitos de projeto e de uso / sem defeito.

As etapas clássicas de aplicação do método AHP foram desmembradas em três etapas para uma melhor descrição de sua aplicação e apresentação dos resultados obtidos.

#### 4.1 Etapa 1: delimitação e decomposição do objetivo

O analista ou gerente de produção das empresas analisadas definiram os critérios, por intermédio do questionário aplicado (Tabela 2), que, posteriormente, foram confrontados e relacionados – por meio do seu nível de intensidade de preferência sobre perdas em processo – de acordo com a escala de Saaty (2008), representada pela Figura 2.

#### 4.2 Etapa 2: julgamento e análises dos critérios

Nesta pesquisa serão apresentadas apenas as Tabelas Global de Priorização I (Tabela 3) e II (Tabela 4) para a classificação das perdas em qualidade ou não, resultantes da agregação Aggregation Individual Judgements (AIJ). Esse processo é efetuado, sempre por sucessivas comparações paritárias, comparando os critérios da coluna à esquerda com os critérios do topo, no intuito de conhecer o grau de preferência do decisor em relação ao critério comparado. A matriz de comparação da análise das perdas (representada pelo “questionário preliminar” da Tabela 2) está apresentada no Anexo. É importante perceber que

devido às respostas do questionário, não foi possível obter resultados referentes aos critérios C3 (defeitos); C6 (movimentação) e C7 (processamento), conforme apresentado nas Tabelas 3 e 4.

**Tabela 2: Questionário preliminar para classificação das perdas em qualidade**

CÓDIGO	PERGUNTAS
P1	Passou-se a entregar os pedidos nos prazos estabelecidos pelo cliente?
P2	Houve aumento de melhoria no seu setor?
P3	Reduziu-se a quantidade de estoques em processo?
P4	Houve uma efetiva diminuição da produção de produtos para estoque?
P5	Houve redução no tamanho dos lotes?
P6	Percebe-se a redução do tempo de espera de materiais, informações, pessoas ou equipamentos que não estão preparados?
P7	Diminui o transporte excessivo de produtos que não agregam valor ao processo produtivo?
P8	A empresa onde eu trabalho treinou os funcionários?
P9	Os funcionários da empresa onde eu trabalho aplicam corretamente o que foi ensinado?
P10	Os funcionários da empresa onde eu trabalho têm autonomia para parar as máquinas, caso seja detectado algum problema?
P11	O Lote Econômico de Compras (LEC) é calculado com periodicidade?
P12	A empresa onde eu trabalho participa ativamente do programa de qualidade para alcançar as metas sugeridas?
P13	A empresa onde eu trabalho eliminou a perda de tempo e recursos - anteriormente à implantação - desperdiçados?
P14	A empresa onde eu trabalho utiliza a cultura centrada no contínuo aprendizado?
P15	A empresa onde eu trabalho utiliza o <i>takt time</i> para saber quantas unidades podem ser fabricadas?

Fonte: Os autores.

Os dados referentes ao “autovalor” ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ); “índice de consistência” (IC ou CI) e “taxa de consistência” (CR ou RC) dos julgamentos da Tabela 3 são respectivamente:  $\lambda_{m\acute{a}x} = 3,054$ ; CI = 0,027;



**Tabela 3: Tabela global de priorização I para classificação das perdas em qualidade**

Perdas		C1	C2	C4	Auto vetor	Vetor normalizado
Ambiente	C1	1	0,5	1	0,79	0,232
Confiabilidade	C2	2	1	4	2,00	0,584
Espera	C4	1	0,25	1	0,63	0,184
$\Sigma$		4	1,75	6	3,42	1,000

Fonte: Os autores.

RC = 0,046  $\leq$  0,10 (consistente). Para a Tabela 4, tem-se que:  $\lambda_{m\acute{a}x} = 4,165$ ; CI = 0,055; RC = 0,061  $\leq$  0,10 (consistente).

**Tabela 4: Tabela global de priorização II para classificação das perdas em qualidade**

Perdas		C5	C8	C9	C10	Auto vetor	Vetor normalizado
Estoque	C5	1	0,5	1,5	0,5	0,78	0,195
Produção	C8	2	1	1,5	0,5	1,11	0,275
Transporte	C9	0,7	0,7	1	1	0,82	0,203
Treinamento	C10	3	1	1	1	1,32	0,327
$\Sigma$		6,67	3,17	5	3	4,02	1,000

Fonte: Os autores.

Desta forma, pode-se verificar que os julgamentos dos critérios referentes as Tabelas 3 e 4 foram coerentes, conforme as taxas de consistência (0,046 e 0,061 ambos  $\leq$  0,10) e, assim sendo, as prioridades relativas estão consistentes (C1 = 0,232; C2 = 0,584; C4 = 0,184; C5 = 0,195; C8 = 0,275; C9 = 0,203; C10 = 0,327).

### 4.3 Etapa 3: julgamento das alternativas por todos os critérios e sintetização das prioridades composta pelas alternativas

Foram construídas matrizes de ordem  $n \times n$  – em que “ $n$ ” é quantidade de alternativas – de comparação aos pares e nelas serão registrados os valores das alternativas em cada uma das escalas a serem confrontadas com cada critério de decisão. Em seguida, os valores são normalizados, consoante o que apresenta a Tabela 5 que compara as alternativas da Figura 3, A1 = perda em qualidade

e A2 = não perda em qualidade, com o critério C1 (Ambiente), sendo A1 = 0,586 e A2 = 0,414. Apontando o ambiente de trabalho como fator gerador de perda da qualidade.

### 4.4 Etapa 4: sintetização das

**Tabela 5: Matriz de julgamento alternativas e critério**

C1	A1	A2	A-VETOR (V)	V. NORM. (W)
A1	1,00	4,00	2,00	0,59
A2	2,00	1,00	1,41	0,41
$\Sigma$	3,00	5,00	3,41	1,00

Fonte: Os autores.

### prioridades composta pelas alternativas

Os valores obtidos foram agrupados em uma nova matriz que equipará todas as alternativas com todos os critérios, por paridade e, ao final deste processo, os vetores que apontam a classificação das alternativas para cada um dos critérios serão ponderados, restando apenas um único vetor, que traz o resultado do modelo (T. L. Saaty, 2008), conforme apresentado na Tabela 6.

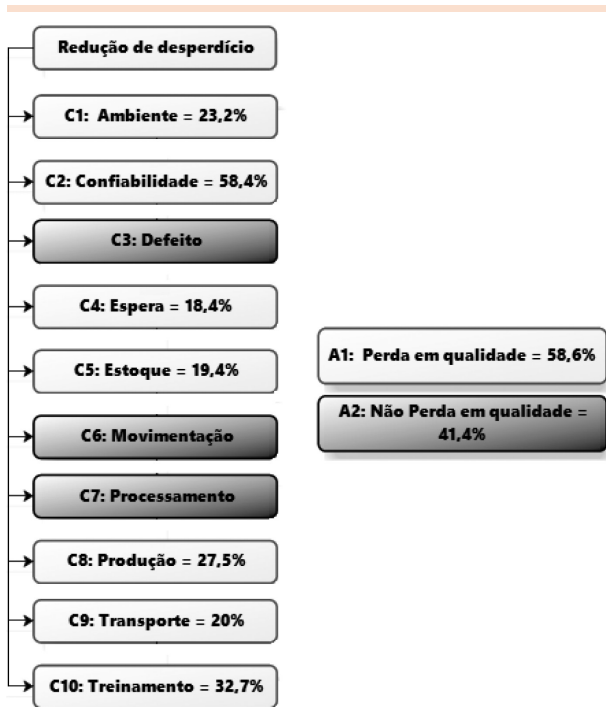
A Figura 4 representa a classificação e a priori-

**Tabela 6: Matriz de decisão para classificação das perdas em qualidade**

	C1	C2	C4	C5	C8	C9	C10	Auto-vetor	Vetor de decisão
Cn	0,23	0,58	0,18	0,19	0,28	0,20	0,33		
A1	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,586	58,58%
A2	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,414	41,42%

Fonte: Os autores.

zação obtidas para se chegar ao objetivo de redução das perdas. Portanto, as perdas que afetam a qualidade (A1) identificadas de acordo com as respostas obtidas das empresas pesquisadas em Suape, em ordem de porcentagem de importância gerencial, são as seguintes: C2: confiabilidade (58,41%); C10: treinamento (32,72%); C8: produção (27,51%); C1: ambiente (23,18%); C9: transporte (20,30%); C5: estoque (19,45%); C4: espera (18,40%).



**Figura 4: Hierarquia final das perdas em qualidade nas empresas entrevistadas**  
 Fonte: Os autores.

Conforme está demonstrado na Figura 4, a alternativa que possui maior peso relativo foi a A1 com o vetor de 58,6%, dado que os critérios mais relevantes para a perda são: C2: confiabilidade (58,41%) e C10 treinamento (32,72%). Mediante a identificação destes dois critérios, é possível que as empresas de manufatura estudadas dentro do perímetro do Complexo Industrial Portuário de Suape foquem melhor seu esforço empresarial e uso dos seus recursos internos para diminuir as perdas em qualidade. Também é possível observar que o *ranking* das perdas da qualidade e da não qualidade, são os critérios: C2, C10, C8, C1, C9, C5 e C4.

## 5 Considerações finais

Este artigo apresentou a aplicação do método AHP que serviu de auxílio aos gerentes na identificação de perdas em qualidade. O emprego

desse método teve o intuito de facilitar o cotidiano do “chão de fábrica”, ou seja, de melhorar o ambiente de trabalho, estabelecendo um *ranking* das perdas da qualidade e da não qualidade a fim de que possam ser identificadas e evitadas. Com o uso desta metodologia, cumpriu-se o objetivo proposto neste trabalho que foi o de apresentar um modelo de priorização das perdas em qualidade. Por meio desse *ranking* das perdas é possível contribuir para a melhor eficiência dos recursos internos das empresas e estabelecer planos de controle e monitoramento das perdas em qualidade.

Visando a responder apropriadamente a pergunta que norteou esta pesquisa (“De que maneira o método AHP pode contribuir para identificação das perdas em qualidade?”), com os dados obtidos e trabalhados, e após o julgamento, o agrupamento e a análise das perguntas (Tabela 2) com os critérios (Figura 3), verificou-se que sete entre os dez critérios constantes no questionário foram considerados como fatores que geram perdas em qualidade.

Os critérios apresentados como exceção foram C3 (defeitos), C6 (movimentação) e C7 (processamento), apontados pelos próprios analistas ou gerentes de produção no momento em que eles confrontaram o questionário preliminar para a classificação das perdas em processos (Tabela 2) com os critérios das perdas relacionadas diretamente com a qualidade (Figura 3). E, posteriormente, os demais critérios restantes entraram, uns com maior peso dos que outros, na classificação A1: perda em qualidade (58,6%).

A contribuição deste estudo foi a de apresentar uma metodologia com a qual seja possível a classificação de perdas em qualidade, já que a literatura acerca desse tema ainda não é ampla. Nesta investigação, utilizou-se o AHP, uma vez que com ele é possível estipular as convenções matemáticas com parâmetros qualitativos. Sendo estes muito proveitosos quando se lida com tipos diferentes de

critérios, uma vez que auxiliam o trabalho dos gerentes de chão de fábrica.

A utilização de uma quantidade maior de perguntas é recomendada para futuras pesquisas, para que haja dados numéricos fidedignos para uma classificação e hierarquização mais apurada, representando de maneira ainda mais fiel a realidade atual das empresas.

## Referências

- Almeida, A. T. (2013). *Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério*. São Paulo: Atlas.
- Arcanjo, C. F. D., Amaral, T. M., & Pereira de Sá, G. L. (2015). Aplicação e comparação dos métodos Electre II e Promethee II como ferramentas de auxílio à tomada de decisões hospitalares. *Exacta – EP*, São Paulo, 13(2), 177-186.
- Borba Prá, F., & Miguel, P. A. C. (2013). Evolução na aplicação do QFD: análise de publicações qualificadas em periódicos. *Exacta – EP*, São Paulo, 11(1), 89-100.
- Campos, V. F. (2004). *TQC – Controle da Qualidade Total* (no estilo japonês). Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda.
- Cavalcanti, A. M., Cavalcanti Filho, A. M., Fortes, G. P., Neto, J. K. S., & Pereira, L. S. (2015). Análise da qualidade do ar interior sob a abordagem da manutenção preditiva e da inovação. *Exacta – EP*, São Paulo, 13(1), 45-54.
- Ehrlich, P. J. (1996). Modelos quantitativos de apoio as decisões II. *RAE – Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, 36(2), 44-52.
- Escalante, E.J. (1999). Quality and productivity improvement: A study of variation and defects in manufacturing. *Quality Engineering*, 11(3), 427-442.
- Forman, E., & Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgments and priorities with the AHP. *European Journal of Operation Research*, 108, 165-169.
- Fortunato F. A. P. S., Vieira Junior, M., & Baptista, E. A. (2011). Levantamento de perdas e desperdícios dos sistemas produtivos por meio da utilização dos coletores de dados. *Exacta – EP*, 9(2), 207-2017.
- Gil, A. C. (2007). *Como elaborar projetos de pesquisa* (4a ed.). São Paulo: Atlas.
- Gomes, C. F. S., & Costa, H.G. (2015). Aplicação de métodos multicritério ao problema de escolha de modelos de pagamento eletrônico por cartão de crédito. *Production*, 25(1), 54-68.
- Gomes, F. A. M., Gomes, C. F. S., & Almeida, A. T. (2002). *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério*. São Paulo: Atlas.
- Gomes, L. F. A. M., & Duarte Jr, A. M. (1992). A avaliação de projetos com múltiplos critérios. *Produção*. São Paulo, 2(1), 5-19.
- Ho, W. (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications – A literature review. *European Journal of Operational Research*, 186, 211-228.
- Houaiss, A. (2007). *Dicionário Eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa*. Direção geral de José Jardim de Barros Jr. Rio de Janeiro: Editora Objetiva Ltda. CD-ROM. Produzida por FL Gama Design Ltda.
- Jerônimo, T. B., Queiroz, B. V., Silva, C. F., Nogueira, P. S., & Cavalcanti, A. M. (2015). Inovando a estratégia de gestão da qualidade pelo uso do Desdobramento da Função Qualidade combinado com SERVPERF em empresas de prestação de serviços. *Exacta – EP*, São Paulo, 13(2), 167-176.
- Jerônimo, T. B., Melo, F. J. C., & Aquino, J. T. (2016). Análise da implementação do modelo multicritério de decisão: como o gestor observa a importância da decisão racional. *Exacta – EP*, São Paulo, 14(2), 319-334.
- Karapetrovic, S., & Rosenbloom, E.S. (1999). A quality control approach to consistency paradoxes in AHP. *European Journal of Operational Research*, 119(3), 704-718.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. New York: John Wiley.
- Melo, C. A. S., Melo, F. J. C., Jerônimo, T. B., & Aquino, J. T. (2016). Uso gerencial das ferramentas da qualidade pelo decisor: um estudo de caso sobre o problema de aquisição de materiais pelas Atas de Registro de Preços em uma empresa pública militar. *Exacta – EP*, São Paulo, 14(2), 235-249.
- Moreira, S. (2015). *Documento Suape 2015: o complexo – retomada necessária*. Jornal do Comercio. Recife, 18 ago. 2015. Recuperado em agosto, 2015, de <http://especiais.jconline.ne10.uol.com.br/documento-suape-2015/>
- Ohno, T. (1997). *Sistema Toyota de produção – além da produção em larga escala*, Porto Alegre: Bookman.
- Piechnicki, A. S. (2013). *Identificação, priorização e análise dos fatores críticos para o sucesso na implantação da TPM pelo Método AHP*. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, PR, Brasil.
- Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathl Modelling*, 9(3-5), 161-176.

Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures, *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281.

Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, 1(1), 83-98.

Salomon, V. A. P. (2004). *Desempenho da modelagem do auxílio à decisão por múltiplos critérios na análise do planejamento e controle da produção*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Escola Politécnica da USP, São Paulo, SP, Brasil.

Shingo, S. (1986). *Zero Quality Control: source Inspection and the Poka-Yoke System*. Cambridge: Productivity Press.

Sindicato Nacional da Indústria da Construção e Reparação Naval e Offshore (2015). *Cenário da construção naval – balanço de 2015*, Rio de Janeiro.

Sousa, J. V. (2012). *Análise das perdas em processos produtivos nas indústrias localizadas no perímetro do complexo industrial portuário – SUAPE*. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

Svensson, G. (2001). Just-in-time: the reincarnation of past theory and practice. *Management Decision*, 39(10), 866-879.

Tramarico, C. L., Urbina, L. M. S., Castilho Jr., N. C., Salomon, V. A. P., & Demenis, M. A. P. (2013, outubro). Avaliação multicritério de treinamento em supply chain management. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, BA, Brasil, 33.

Wallenius, J., Dyer, J. S., Fishburn, P. C., Steuer, R. E., Zionts, S., & Deb, K. (2008). Multiple criteria decision making, multiattribute utility theory: recent accomplishments and what lies ahead. *Management Science*, 54(7), 1336-1349.

Critérios	C1: Ambiente	C2: Confiabilidade	C4: Espera	C5: Estoque	C8: Produção	C9: Transporte	C10: Treinamento
C1: Ambiente							
C2: Confiabilidade							
C4: Espera							
C5: Estoque							
C8: Produção							
C9 Transporte							
C10: Treinamento							

**Anexo 1: Matriz de comparação da análise das perdas**

Recebido em 15 ago. 2016 / aprovado em 6 dez. 2016

**Para referenciar este texto**

Sousa, J. V. et al. Uso do AHP para identificação de perdas da qualidade em empresas de manufatura: um estudo de caso. *Exacta – EP*, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 89-100, 2016.