

Método de análise hierárquica para avaliação de qualidade de cimentos: um estudo de caso realizado nas fábricas da Votorantim Cimentos

Tacius Moriggi (Universidade Federal do Paraná) tacius.moriggi@gmail.com
Gustavo Valentim Loch (Universidade Federal do Paraná) gustavo.gvalentim@gmail.com

Resumo:

Medições de desempenho envolvem diversos aspectos na busca de avaliações representativas, caracterizadas pela relação de variáveis objetivas e subjetivas. Em seu conceito fundamental, o método de Processo de Análise Hierárquica Processo (AHP) decompõe essas relações, caracterizadas como complexas, em subproblemas, e sintetiza as mesmas em uma reposta consistente. Nesse artigo é proposto um método para a definição de fatores de ponderação com o intuito de hierarquizar a importância das diferentes características de desempenho dos cimentos consideradas para a avaliação da qualidade, levando em consideração os requisitos técnicos e o interesse do mercado consumidor. A implementação do método foi realizada em um estudo de caso de uma unidade produtora da Votorantim Cimentos com o objetivo de validar a metodologia e exemplificar a flexibilidade e replicabilidade do método.

Palavras-chave: Análise hierárquica, avaliação de qualidade, fatores de ponderação, Votorantim Cimentos.

Analytical Hierarchy Process for cements quality evaluation: a case study conducted at Votorantim Cimentos factories

Abstract

Performance measurements involves several aspects in the search for representative evaluations, characterized by the relation of objective and subjective variables. In its fundamental concept, the Analytical Hierarchy Process (AHP) decomposes these complex relations into sub problems, and synthesizes them into a consistent result. This paper proposes a method for the definition of weighting factors in order to prioritize the importance of different cement performance characteristics considered for quality evaluation, regarding the technical and the customer requirements. The implementation was carried out in a case study of Votorantim Cimentos' production unit with the purpose of validation and exemplification of its flexibility and replicability.

Key-words: Analytical Hierarchy Process, quality evaluation, weighting factors, Votorantim Cimentos.

1. Introdução

No desdobramento das funções de qualidade se definem as características e requisitos técnicos do produto, bem como se identificam as variáveis em que será necessário estabelecer controle visando atender as expectativas dos consumidores (GONZÁLEZ, QUESADA, PICADO e ECKELMAN, 2004; CHAN e WU, 2002; SULLIVAN, 1986).

De acordo com a literatura, os interesses do mercado consumidor exercem grande influência no que é produzido e na forma como o controle de qualidade é estruturado e gerenciado nos mais variados segmentos industriais. Garvin (1987) apud Montgomery (2009) reforça essa ideia quando discute a existência de diferentes dimensões de qualidade, dentre as quais se destacam a conformidade com as especificações e a percepção da qualidade. Compreende-se, portanto, que a entrega de produtos e serviços em conformidade técnica, e em acordo com as expectativas comerciais, pode ser considerada fator chave e estratégico para que se possa garantir a

existência de qualidade. Da mesma forma Mrugalska e Tytyk (2015) afirmam que a satisfação dos consumidores é responsável por determinar o sucesso de um produto no mercado.

Como forma de acompanhar e controlar essas dimensões fundamentais da qualidade aplicam-se diversas medidas de desempenho. Um estudo sobre esse tema é feito por Kotz e Norman (2002), em que se destacam as diferentes visões e metodologias de indicadores para este fim. Dessas, busca-se sempre obter informações representativas que permitam a avaliação e a melhoria contínua dos processos orientada aos resultados (RYAN, 2011; MONTGOMERY, 2009).

Na avaliação final de produtos e serviços, uma série de variáveis são mensuradas e consolidadas para gerar uma resposta única e representativa da qualidade do item. No entanto, como afirma Lancaster (1966), um produto pode apresentar diversas variáveis de qualidade, e diferentes segmentos de mercado podem apresentar diferentes interesses, avaliando um mesmo item de forma distinta.

É importante, assim, a necessidade de se conhecer os interesses de cada mercado e principalmente a forma com que cada um prioriza as diferentes variáveis de qualidade no momento da avaliação de desempenho dos produtos. Esse tipo de situação, caracterizada como complexa, pode ser avaliado por meio de metodologias de análises multivariadas. Destas, o Processo de Análise Hierárquica (AHP) se mostra muito útil para definir um consenso entre diferentes interesses (VAIDYA E KUMAR, 2006).

A aplicação da AHP simplifica problemas complexos em subproblemas mais simples e trabalha com comparações múltiplas, permitindo a escalação das variáveis avaliadas de forma consistente e significativa.

O objetivo desse trabalho, portanto, é propor um novo método para a consolidação de indicadores de qualidade de produto que integrem os deferentes interesses dos segmentos de mercado. Para tal, aplica-se a metodologia AHP sobre as variáveis consideradas na avaliação de desempenho para obter, por meio da hierarquização, fatores de ponderação. Nas seções seguintes destaca-se brevemente a metodologia AHP. Na sequência apresenta-se o método proposto por esse trabalho e, finalmente, um estudo de caso é realizado.

O método proposto é similar ao apresentado no trabalho correlato de Shahin e Mahbod (2006), em que é sugerida a integração entre a metodologia AHP na definição de metas e hierarquização de seus indicadores de mensuração. De forma semelhante Amrina e Vils (2015) aplicam o AHP para a priorização e seleção de indicadores de sustentabilidade na indústria cimenteira.

2. Análise Hierárquica

O método multicritério de análise hierárquica (AHP) é, desde sua formalização na década de 1970 por Thomas L. Saaty, considerado uma poderosa ferramenta de decisão que auxilia na decomposição de problemas complexos em subproblemas mais simples. A análise baseia-se na teoria de comparações múltiplas e definição de níveis de importância, representando o quanto um elemento domina outro em respeito à determinada propriedade. (SHAHIN e MAHBOD, 2006; SAATY, 2008; VAIDYA e KUMAR, 2006).

A metodologia tem sido aplicada para a tomada de decisão em diversos cenários complexos em que existem conflitos entre opiniões, percepções e julgamentos. (BHUSHAN, 2004; VARGAS, 1990). Uma extensa revisão bibliográfica sobre o tema foi feita por Vaidya e Kumar (2006) e

Vargas (2015), em que é possível verificar a grande flexibilidade da ferramenta e as diversas possibilidades e ganhos provenientes de sua aplicação.

A utilização do método inicia-se pela decomposição do problema em uma hierarquia de critérios facilmente analisáveis e comparáveis de forma independente. A partir da definição dessa estrutura lógica, avaliam-se as alternativas, duas a duas, em respeito a cada um dos critérios. Essa avaliação pode ser baseada em dados concretos ou em julgamento por experiências e preferências (SAATY, 2008).

A participação de diversos grupos decisórios para a tomada de decisões permite a integração e consideração de diversos pontos de vista. No entanto, é necessário garantir que todos os envolvidos entendem as relações avaliadas com profundidade necessária para conferir racionalidade, consistência e entendimento dos valores finais (SHAHIN E MAHBOD, 2006).

O AHP transforma essas comparações, muitas vezes empíricas, em valores numéricos de acordo com uma escala de importâncias relativas proposta por Saaty (2005), em que se atribuem valores que variam de 1 a 9, conforme apresentado na Tabela 1.

Escala	Avaliação numérica	Recíproco
Igualmente importantes	1	1
Importância moderada	3	1/3
Muito importante	5	1/5
Importância muito forte	7	1/7
Importância extrema	9	1/9
Valores intermediários adjacentes à escala	2, 4, 6, 8	1/2, 1/4, 1/6, 1/8

Fonte: Adaptado de Saaty (2005)

Tabela 1 – Escala de importâncias relativas de Saaty

Com todas as possíveis comparações efetuadas e as importâncias relativas entre os critérios e alternativas estabelecidas, calculam-se as probabilidades numérica das alternativas atenderem o que foi estabelecido.

3. Enquadramento

De acordo com o Sindicato Nacional da Indústria de Cimento (SNIC), em 2013 o Brasil contava com 88 fábricas de cimento, representando uma capacidade instalada de aproximadamente 71 milhões de toneladas, colocando o país em 5ª posição mundial no ranking de produção. Além disso, o segmento da construção civil mostrou um crescimento contínuo desde 2006, e em 2013 representou 5,4 % de participação no PIB brasileiro, o que justifica o interesse em investimentos e na garantia de qualidade dos produtos do segmento (SNIC, 2013).

Em relação à qualidade e desempenho desses produtos, verifica-se a necessidade de controle de diversas variáveis reguladas em normas técnicas. Essas devem ser monitoradas pelas empresas produtoras, e ações de regularização, quando necessárias, devem ser tomadas para que o cliente possa receber produtos fiáveis (NBR 11578, 1991; NBR 5732, 1991; NBR 5735, 1991; NBR 5736, 1991).

A partir da contextualização, esse capítulo tem por objetivo conceituar e caracterizar o produto cimento, identificando os critérios de qualidade considerados para avaliação de desempenho de produtos.

3.1. Produto cimento

O cimento Portland é definido, de acordo com a norma brasileira NBR 5732:1991 como um aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland e adição de uma ou mais

formas de sulfato de cálcio, podendo ainda adicionar materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos, de acordo com os teores especificados em norma técnica regulamentadora.

Os cimentos são classificados em cimento Portland comum (CP I), cimento Portland composto (CP II), cimento Portland de alto-forno (CP III), cimento Portland pozolânicos (CP IV), e cimento Portland de alta resistência inicial - ARI (CP V). Sobre as designações apresentadas, cabe ainda uma classificação de acordo com a classe de resistência mecânica. As classes 25, 32 e 40 representam os mínimos de resistência à compressão aos 28 dias de idade, em Megapascal (MPa).

Normativamente, os cimentos apresentam requisitos químicos, físicos e mecânicos que garantem a qualidade e o desempenho ideal e seguro do produto. Contudo, para a avaliação da qualidade pelo cliente, ou seja, validação do desempenho final do cimento, apenas as variáveis físicas e mecânicas podem ser confirmadas. Assim, apenas essas são detalhadas e consideradas para o desenvolvimento desse trabalho (Tabela 2).

Ensaio	Sigla	Unidade S.I.	Descrição
Finura (#200)	F200	%	Determinação da porcentagem, em massa, de cimento cujas dimensões de grãos são superiores a 75 µm.
Finura Blaine	Blaine	m ² /kg	Superfície específica determinada pelo tempo requerido para uma certa quantidade de ar fluir através de uma camada de cimento compactada, de dimensões e porosidade especificadas
Finura (#200)	F200	%	Determinação da porcentagem, em massa, de cimento cujas dimensões de grãos são superiores a 75µm.
Início de pega	IP	h	Determinação do tempo transcorrido desde a adição de água ao cimento até o momento de pega do cimento.
Expansão a quente	E.Q.	mm	Medida de expansibilidade a quente da pasta de cimento
Resistência à compressão a 1 dia	R1D	MPa	Determinação da resistência à compressão de corpos-de-prova cilíndricos
Resistência à compressão aos 3 dias	R3D	MPa	
Resistência à compressão aos 7 dias	R7D	MPa	
Resistência à compressão aos 28 dias	R28D	MPa	

Fonte: NBR 11579, 2012; NBR 7224, 1996; NBR NM 65, 2003; NBR 11582, 2012; NBR 7215, 1996.

Tabela 1 – Variáveis físicas e mecânicas previstas em normas técnicas do produto cimento

4. Método para a definição de fatores de ponderação

Para a definição dos fatores de ponderação para a consolidação de diferentes características de desempenho, consideradas para a avaliação da qualidade final de produtos, aplica-se a metodologia de análise hierárquica possibilitando o consenso e a consistência entre diferentes visões, de acordo com as etapas a seguir (SAATY, 2005).

4.1. Definição dos segmentos de mercado

Diferentes segmentos de mercado possuem interesses distintos, e por isso é importante conhecer as verdadeiras demandas técnicas de cada um para a correta aplicação da metodologia. Portanto, é necessária a identificação de todos os segmentos de mercado atendidos pelo produto avaliado, bem como o detalhamento de seus interesses.

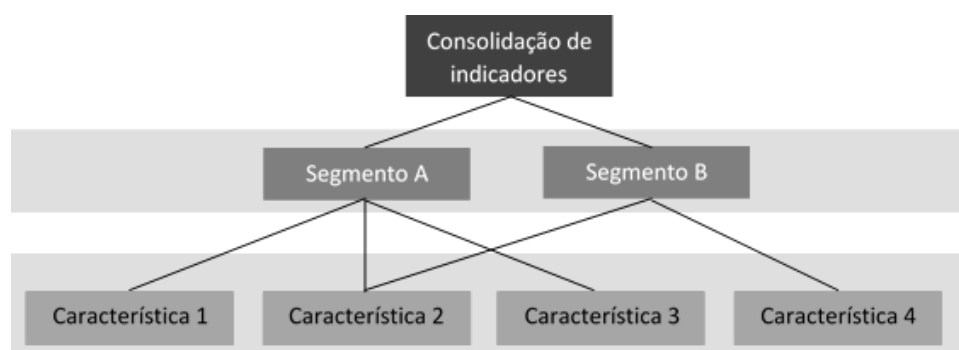
4.2. Definição das características de desempenho

Para cada um dos segmentos destacados na etapa anterior, consolidam-se as características de desempenho consideradas para a mensuração de qualidade do produto. Essa definição deve levar em conta os critérios normativos do produto, bem como variáveis mensuráveis de importância para o consumidor, com base na expertise existente em cada companhia.

Importante destacar que o objetivo é o de priorizar as diferentes características, sem, no entanto, julgar a relevância de cada uma para a avaliação da qualidade.

4.3. Construção da estrutura hierárquica de decisão

Essa etapa ilustra os dois níveis de decisão necessários para o alcance do objetivo final, além de representar graficamente os diferentes interesses dos segmentos (Figura 1).



Fonte: O Autor (2017)

Figura 1 – Exemplo de hierarquia para tomada de decisão

4.4. Comparações múltiplas

Com a definição da hierarquia, os segmentos e as características precisam ser comparados, dois a dois, visando determinar a relação de dominância entre eles e o impacto desses no objetivo pretendido. As decisões tomadas nesse processo devem levar em consideração a visão estratégica da companhia (VARGAS, 2010).

Para o primeiro nível da hierarquia, realiza-se a comparação entre os diferentes segmentos de mercado, gerando como resultado a matriz de comparação do grupo de segmentos (Tabela 3). O mesmo é feito, em segundo nível hierárquico, para as características de desempenho associadas a cada segmento resultando na matriz de comparação do grupo de características.

	Segmento A	Segmento B
Segmento A	1	Avaliação numérica
Segmento B	1/ Avaliação numérica	1

Fonte: Adaptado de Vargas (2010)

Tabela 1 -Exemplo de matriz de comparação, supondo que segmento A domina segmento B

4.5. Peso relativo, vetor prioridade e índice de consistência

A avaliação matemática se inicia pela determinação do peso relativo dos grupos. Esses são obtidos normalizando-se as colunas das matrizes comparativas. Na sequência, define-se o vetor prioridade, determinando assim a contribuição de cada item para o alcance do objetivo. O vetor é obtido por meio da média aritmética dos valores de cada uma das linhas das matrizes comparativas normalizadas. Dessa forma, tem-se um vetor prioridade dos segmentos e um vetor prioridade das características de desempenho.

Por sua vez, a verificação de inconsistência dos dados tem por objetivo identificar se os avaliadores foram consistentes em seus julgamentos (TEKNOMO, 2006). Para essa verificação, como proposto por Saaty (2005), calcula-se o índice de consistência (CI) dado pela equação 1 em que n é o número de critérios avaliados e $\lambda_{\text{máx}}$ o número principal.

$$CI = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n - 1} \quad (1)$$

O valor $\lambda_{\text{máx}}$ é calculado por meio da somatória do produto de cada elemento do vetor prioridade pela soma total da respectiva coluna da matriz comparativa original.

Com o objetivo de verificar se o valor encontrado do índice de consistência (CI) é adequado, Saaty (2005) propôs o cálculo da taxa de consistência (CR), definida pela equação 2. Ela é determinada pela razão entre CI e o índice de consistência aleatória (RI), valor tabelado que varia com o valor de n , de acordo com a Tabela 4, e deve ser menor que 10%.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Saaty (2005)

Tabela 4 – Índice de consistência aleatória (RI)

Caso CR seja maior que 10 %, deve-se retornar à quarta etapa e realizar novamente a comparação múltipla para solucionar as inconsistências.

4.6. Cálculo dos fatores de ponderação

Os fatores de ponderação, para cada uma das características de desempenho são definidos por meio da somatória do produto entre o valor do vetor prioridade das características de cada um dos segmentos e o valor do vetor prioridade do segmento correspondente.

5. Estudo de caso

O estudo de caso é desenvolvido na Votorantim Cimentos, indústria cimenteira brasileira que atende diversos segmentos de mercado. A empresa possui uma série de medidas de desempenho já estabelecidas para realização do controle de qualidade (CQ) dos cimentos produzidos que levam em consideração os requisitos normativos e os interesses do mercado consumidor.

Em entrevista com os responsáveis pelo CQ, nota-se a dificuldade em consolidar os resultados em um indicador de qualidade único devido a existência de diferentes clientes atendidos por um mesmo produto e, por consequência, diferença na percepção de qualidade. Para tal, a empresa busca a definição de fatores de ponderação para serem aplicados na consolidação do

desempenho de cada um dos produtos, garantindo que a avaliação de qualidade final esteja em conformidade com os diferentes mercados atendidos.

Assim, a metodologia proposta nesse trabalho é implementada na empresa de acordo com os passos das seções seguintes. Pelo fato da ferramenta apresentar grande flexibilidade e replicabilidade, é apresentada a aplicação para avaliação de apenas um cimento, escolhido pela maior representatividade de consumo (SNIC, 2013), conforme apresentado na Tabela 5.

Ano	CP I	CP II	CP III	CP IV	CP V
2013	263	41.249	9.405	9.863	5.660

Fonte: SNIC (2013)

Tabela 5 – Produção anual segundo os tipos de cimento

Assim, para o estudo apresentado define-se um cimento do tipo CPII, classe 32 de resistência, fabricado pela Votorantim Cimentos.

5.1. Características de qualidade

O produto avaliado atende dois segmentos de mercado distintos, concreteiras e pré-moldados. O segmento de concreteiras apresenta interesse em trabalhabilidade e desempenho final. Por sua vez, o segmento de pré-moldados busca ganho de produtividade e, portanto, melhores desempenhos iniciais na produção de artefatos de concreto.

A partir dos interesses identificados, definem-se as características de desempenho como descrito no Quadro 1. Observa-se que as características consideradas são praticamente as mesmas, mas o impacto de cada uma delas na definição da qualidade do produto é avaliado de forma distinta devido aos interesses do segmento. Enquanto o segmento de pré-moldados privilegia Início de pega (IP) e as resistências a 1 (R1) e 3 dias (R3), o segmento de concreteiras foca na resistência à compressão aos 28 dias (R28).

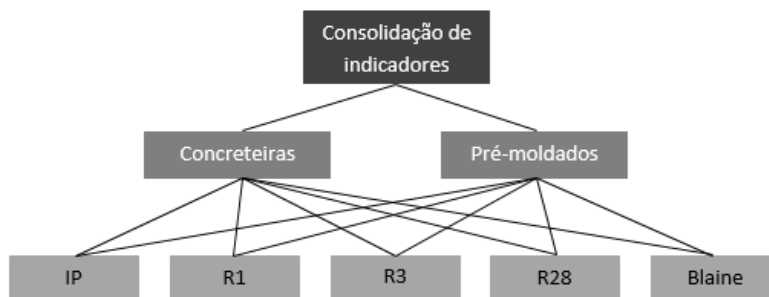
Concreteiras	Pré-moldados
Início de pega (IP)	Início de pega (IP)
Resistência à compressão a 1 dia (R1)	Resistência à compressão a 1 dia (R1)
Resistencia à compressão aos 28 dias (R28)	Resistência à compressão aos 3 dias (R3)
Blaine	Resistencia à compressão aos 28 dias (R28)
-	Blaine

Fonte: Votorantim Cimentos (2017)

Quadro 1 - Características de desempenho para os mercados concreteira e pré-moldados

5.2. Construção da hierarquia

Ilustrando as relações entre as características de desempenho e os segmentos descritos nas etapas anteriores, constrói-se a estrutura hierárquica de decisão como segue (Figura 2).



Fonte: O Autor (2017)

Figura 2 - Hierarquia para tomada de decisão

O objetivo principal da hierarquia no estudo de caso é a consolidação de indicadores de qualidade da Votorantim, os quais representam a verificação final de desempenho de seus produtos frente aos requisitos dos consumidores e, por esse motivo, refletem o conceito de validação dos cimentos expedidos sinalizando a importância de se considerar de forma proporcional o impacto de cada uma das variáveis.

5.3.Comparações múltiplas

As comparações múltiplas foram realizadas pelo time técnico de mercado da Votorantim, o qual é habilitado, por meio da experiência no varejo, para definir as relações de dominância entre os critérios avaliados. Para o primeiro nível hierárquico a matriz comparativa é apresentada na Tabela 6.

	Concreteiras	Pré-moldados
Concreteiras	1	1
Pré-moldados	1	1
Total	2	2

Fonte: Votorantim Cimentos (2017)

Tabela 6 – Matrix comparativa dos segmentos de mercado

Não existe dominância entre os segmentos para o alcance do objetivo. Essa decisão é tomada de acordo com a estratégia da companhia, em que todos os segmentos possuem o mesmo nível de importância e influenciam as decisões de forma equivalente.

Na sequência são avaliadas as características de desempenho, segundo nível da hierarquia, e obtêm-se os valores da Tabelas 7 e 8 para o segmento de concreteiras e de pré-moldados, respectivamente. A partir deste dados percebe-se a importância de cada um dos itens; quando menor o valor total da coluna, maior a dominância da característica correspondente.

Concreteiras	IP	R1	R28	Blaine
IP	1	1/5	1/7	2
R1	5	1	1/3	5
R28	7	3	1	9
Blaine	½	1/5	1/9	1
Total	12,50	4,40	1,59	17,00

Fonte: Votorantim Cimentos (2017)

Tabela 7 - Matrix comparativa para o segmento de mercado de concreteiras

Pré-moldados	IP	R1	R3	R28	Blaine
IP	1	1	2	9	9
R1	1	1	5	9	9
R3	½	1/5	1	9	3
R28	1/9	1/9	1/9	1	1
Blaine	1/9	1/9	1/3	1	1
Total	2,72	2,42	8,22	29,00	23,00

Fonte: Votorantim Cimentos (2017)

Tabela 8 - Matrix comparativa para o segmento de mercado de pré-moldados

5.4. Peso relativo, vetor prioridade e índice de consistência

Para a matriz comparativa do primeiro nível, segmentos de mercado, obtêm-se os valores iguais a 0.5, tanto para o segmento de concreteiras como para o de pré-moldados. Por sua vez, para as matrizes comparativas de segundo nível, características de desempenho, obtêm-se os valores da Tabela 9 para o segmento de concreteiras, e a Tabela 10 para o segmento de pré-moldados.

Concreteiras	IP	R1	R28	Blaine
IP	0,08	0,05	0,09	0,12
R1	0,40	0,23	0,21	0,29
R28	0,56	0,68	0,63	0,53
Blaine	0,04	0,05	0,07	0,06

Fonte: Votorantim Cimentos (2017)

Tabela 9 – Pesos relativos das características de desempenho do segmento de concreteiras

Pré-moldados	IP	R1	R3	R28	Blaine
IP	0,37	0,41	0,24	0,31	0,39
R1	0,37	0,41	0,61	0,31	0,39
R3	0,18	0,08	0,12	0,31	0,13
R28	0,04	0,05	0,01	0,03	0,04
Blaine	0,04	0,05	0,01	0,03	0,04

Fonte: Votorantim Cimentos (2017)

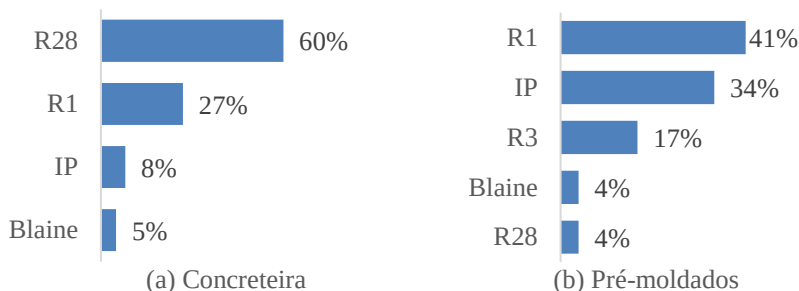
Tabela 20 – Pesos relativos das características de desempenho do segmento de pré-moldados

A partir das matrizes normalizadas definem-se os vetores prioridade para os segmentos (Tabela 11), e para as características (Gráfico 1).

Segmento	Vetor de prioridade
Concreteiras	50%
Pré-moldados	50%

Fonte: Votorantim Cimentos (2017)

Tabela 31 – Vetor prioridade dos segmentos de mercado



Fonte: Votorantim Cimentos (2017)

Gráfico 1 – Vetores prioridade: contribuição de cada item para o alcance do objetivo

É possível notar a diferença de percepção da qualidade por parte dos segmentos quando se avalia os valores dos vetores prioridade. O segmento de concreteiras (Gráfico 1a) avalia como mais importantes a resistência à compressão a 1 dia e aos 28 dias, ao passo que o segmento de pré-moldados (Gráfico 1b) privilegia resistência à compressão a 1 dia e o início de pega.

Como próxima etapa da abordagem proposta, e como meio de verificar a consistência dos valores obtidos até agora, calcula-se o índice de consistência (*CR*) por meio das equações 1 e 2, e dos valores tabelados de *RI* (Tabela 4). Os valores obtidos são detalhados no Quadro 2, pelo qual é possível afirmar que as avaliações da etapa de comparações múltiplas são consistentes, sendo possível prosseguir para a definição dos fatores de ponderação.

	$\lambda_{máx}$	<i>n</i>	<i>CI</i>	<i>RI</i>	<i>CR</i>
Segmentos	2	2	0	0	0
Características (Concreteiras)	5,38	4	0,09	1,12	0,08
Características (Pré-moldados)	6,59	5	0,12	1,24	0,09

Fonte: Votorantim Cimentos (2017)

Quadro 2 – Cálculo do índice de consistência das comparações múltiplas

5.5.Fatores de ponderação

Os fatores de ponderação obtidos são descritos no Quadro 3.

Características de desempenho	Cálculo	Fatores de ponderação
IP	$(0,08*0,5) + (0,34*0,5)$	0,21
R1	$(0,27*0,5) + (0,41*0,5)$	0,34
R3	$(0*0,5) + (0,17*0,5)$	0,09
R28	$(0,60*0,5) + (0,04*0,5)$	0,32
Blaine	$(0,05*0,5) + (0,04*0,5)$	0,05

Fonte: Votorantim Cimentos (2017)

Quadro 3 – Fatores de ponderação das características de desempenho

Se verifica que os itens principais para o segmento de concreteiras (R28 e R1) e para o segmento de pré-moldados (R1 e IP) também são principais no valor consolidado final. Aplicando esses resultados na consolidação dos indicadores de qualidade é possível dar maior atenção aos

requisitos priorizados pelos diferentes segmentos de mercado atendidos gerando um resultado representativo para a companhia.

6. Discussão e conclusões

A abordagem proposta nesse trabalho, na qual se considera a aplicação da análise hierárquica (AHP) para a obtenção de fatores de ponderação alinhados aos interesses dos consumidores, resulta em um sistema de tomada de decisão consistente, relevante e condizente com a realidade encontrada nas empresas dos mais diversos segmentos. Tal afirmação é validada pela grande flexibilidade da ferramenta que possibilita a modelagem de diversas condições. A partir dela é possível obter a escalação hierarquizada das características de desempenho que, segundo os clientes, devem ser atendidas para que a garantia de um produto possa ser atestada.

Dessa forma, a abordagem permite uma maior integração da visão do cliente com o controle de qualidade dos produtos, resultando em um ganho estratégico para as companhias que têm como imperativa a ação de atender os requisitos do mercado. Além disso, fornece bases teóricas e matemáticas nas avaliações e definições dos fatores, retirando a subjetividade existente nas consolidações de indicadores.

O estudo de caso realizado nesse trabalho mostra, além da alta replicabilidade da abordagem, como o método pode ser executado de forma efetiva e com resultados representativos. Além disso, é válido observar que ajustes em modelos já avaliados não implicam na alteração completa dos resultados, sendo possível realizar adaptações pontuais no modelo. Também sua facilidade de execução e compreensão em todas as etapas de desenvolvimento contribui para uma melhor interpretação dos valores finais e para a aceitação da ferramenta por parte dos envolvidos.

Contudo, verifica-se como uma limitação do método a variação dos interesses dos tomadores de decisão, visto que inconsistências por parte desses são capazes de invalidar o resultado final. Destaca-se, portanto, a grande importância de que os envolvidos tenham experiência e sejam habilitados para representarem os mercados consumidores a fim de defenderem uma visão consistente que implica em valores realistas. Dessa forma, afirma-se que a abordagem definida nesse trabalho fornece orientação e fundamentação para os responsáveis pelo controle de qualidade de produtos e serviços, se mostra de grande importância nas considerações de fatores estratégicos na consolidação de indicadores, e permite o consenso e a integração de diferentes visões.

Referências

AMRINA, E., VILSI, A. L.; Key Performance Indicators for Sustainable Manufacturing Evaluation in Cement Industry. 12th Global Conference on Sustainable Manufacturing, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 65: Cimento Portland - Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5732: Cimento Portland comum. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5735: Cimento Portland de alto forno. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5736: Cimento Portland pozolânico. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7224: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da área específica. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NRB 11578: Cimento Portland composto - Especificação. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11579: Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 μm (nº 200). Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NRB 11582: Cimento Portland — Determinação da expansibilidade Le Chatelier. Rio de Janeiro, 2012.

BHUSHAN, N.; RAI, K.; Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process. New York: Springer, 2004.

CHAN, L.K.; WU, M.L. Quality function deployment: a literature review European Journal of Operational Research, nº 143, pg. 463–497, 2002.

GARVIN, D. A.; Competing in the Eight Dimensions of Quality, Harvard Business Review, vol. 87, nº 6, pg. 101–109, 1987.

GONZÁLEZ, M. E.; QUESADA, G.; PICADO, F.; ECKELMAN, C. A. Customer satisfaction using QFD: an e-banking case Managing Service Quality, pg. 317–330, 2004.

KOTZ, S.; NORMAN, J. L.; Journal of Quality Technology, vol. 34, nº 1, pg. 2-53, 2002.

Lancaster, K. J.; A New Approach to Consumer Theory. Journal of Political Economy, vol. 74, nº 2, pg. 132-157, 1966.

MONTGOMERY, D. C.; Introduction to statistical quality control, 3ª ed., John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, 2009.

MRUGALSKA, B. TYTYK, E. Quality control methods for product reliability and safety. 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE) and the Affiliated Conferences, 2015.

RYAN, T. P.; Statistical methods for quality improvement, 3ª ed., John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2011.

SAATY, T.L. Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences, Vol. 1, nº 1, pg.83–98, 2008.

SAATY, T. L.; Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks. Pittsburgh: RWS Publications, 2005.

SAATY, T. L.; Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors – The Analytic Hierarchy/Network Process, 2008. Disponível em: <http://www.rac.es/ficheros/doc/00576.PDF>

SHAHIN, A; MAHBOD, M. A. Prioritization of key performance indicators: An integration of analytical hierarchy process and goal setting. International Journal of Productivity and Performance Management, vol. 5, nº 3, 2006.

SULLIVAN, L. P. Quality function deployment Quality Progress, vol. 19, nº 6, pg. 39–50, 1986.

TEKNOMO, K. Analytic Hierarchy Process (AHP), 2006. Tutorial. Disponível em: <http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/ahp/>

VAIDYA, O. S.; KUMAR, S. European Journal of Operational Research 169, pg 1-29, 2006.

VARGAS, L.; An overview of analytic hierarchy process: Its applications, European Journal of Operational Research, vol. 48, nº 1, 1990.

VARGAS, R.; Utilizando a Programação Multicritério (AHP) para Selecionar e Priorizar Projetos na Gestão de Portfólio. Russian Project Management Conference, Moscow, 2010.

VARGAS, R.; Analytical Hierarchy Process, earned value and other project management themes: A compendium of technical articles. 2ª ed., 2015. Disponível em: <http://rvarg.as/compendium>