LIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional
Juiz de Fora, MG - 8 a 11 de novembro de 2022

UTILIZAÇÃO DO AHP PARA ESCOLHA DA FERRAMENTA COMPUTACIONAL MAIS ADEQUADA PARA GERENCIAR BANCO DE DADOS DE UMA OPERADORA DE SAÚDE

José Fabiano da Serra Costa
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rua São Francisco Xavier 524 – Rio de Janeiro
fabiano@ime.uerj.br

Gabriel Batista Tavares da Silva
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rua São Francisco Xavier 524 – Rio de Janeiro
gabriel.b_tavares@hotmail.com

Giovanna Lyssa Braga Pontes
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rua São Francisco Xavier 524 – Rio de Janeiro
giovannalyssa28@gmail.com

RESUMO

Esse artigo apresenta uma utilização de metodologia de decisão multicritério, especificamente o método de análise hierárquica (AHP), para escolha do programa computacional mais adequado para ser adotado por uma empresa operadora de saúde de porte médio que atua no mercado brasileiro, na análise e gerenciamento de seu banco de dados. Foram definidos em comum acordo com a empresa as alternativas, os critérios e os especialistas e, estão apresentados, o modelo desenvolvido com os cálculos, os resultados encontrados que apontaram o SQL como a solução mais adequada, a análise de consistência dos julgamentos e a análise de sensibilidade que demonstrou a robustez dos resultados.

PALAVRAS CHAVE. Gerenciamento de Banco de Dados, AHP, Programa Computacional.

Tópicos. ADM, TEL&SI, AO.

ABSTRACT

This article presents the use of a multi-criteria decision methodology, specifically the hierarchical analysis method (AHP), to choose the most appropriate computer program to be adopted by a medium-sized health care company operating in the Brazilian market, in the analysis and management of your database. The alternatives, criteria and specialists were defined in common agreement with the company, and the model developed with the calculations, the results found that pointed SQL as the most adequate solution, the analysis of consistency of judgments and the analysis of sensitivity that demonstrated the robustness of the results.

KEYWORDS. Database Management. AHP. Computer Program.

Paper topics. ADM, TEL&SI, AO.

1. Introdução

No nosso cotidiano, quase sempre nos deparamos com uma situação que envolve decisão, seja na vida social ou profissional. Algumas decisões são simples, não exigindo maiores esforços do indivíduo (ou do grupo de indivíduos), porém muitas são complexas, por diversas e diferentes razões. Uma situação ou um problema de decisão pode ser caracterizado por uma necessidade de avaliação de um conjunto de alternativas, para que se realize uma escolha ou uma decisão [Costa, 2006].

De acordo com [Peniwati, 2007], há uma diversidade de ramificações envolvidas no processo de tomada de decisão, tais como: intelectuais, psicológicas, econômicas, sociais, ambientais, organizacionais. De toda forma, tomada de decisão é o processo cognitivo pelo qual se escolhe um plano de ação dentre vários outros (com base em diversos cenários, ambientes, análises e fatores) para uma situação-problema [Shimizu, 2001].

Sabendo que, cognição é a habilidade de processar diferentes informações através de estímulos recebidos de sentidos diversos como sonoros, luminosos, táteis e químicos, ou seja, através da percepção, incluindo diferentes processos como atenção, memória, raciocínio, linguagem, aprendizagem entre outros, fica fácil perceber a capacidade do ser humano (com ou sem apoio tecnológico) de tomar decisões.

Para qualquer tomada de decisão é necessário o acesso a informação. Entretanto a quantidade de dados e informações a que se pode ter acesso atualmente é enorme. Alguns desses dados são organizados e estruturados e outros brutos, oriundos de diversas e heterogêneas fontes. Alguns desses dados são capazes de gerar tanto informações básicas, simples, e públicas, quanto informações detalhadas, complexas e sigilosas. Nesse sentido, é fundamental poder acessar e gerenciar corretamente essas informações que, necessariamente ficam armazenadas em bancos de dados.

Um banco de dados pode ser definido como uma coleção de dados armazenados de forma estruturada de modo a permitir agilidade na busca e na recuperação por meio de um computador, ou sistema computacional. Dados são fatos que podem ser gravados e que possuem um significado implícito. Dessa forma, um banco de dados possui algumas fontes das quais os dados são derivados, alguns níveis de interação com os eventos do mundo real e um público efetivamente interessado em seus conteúdos [Elmasri e Navathe, 2005].

Num outro conceito, o banco de dados pode ser uma estrutura computacional compartilhada e integrada que armazena um conjunto de: dados do usuário final - fatos brutos de interesse para esse usuário; metadados, ou dados sobre dados, por meio dos quais os dados do usuário final são integrados e gerenciados [Rob e Coronel, 2010].

O objetivo desse artigo é a utilização de uma metodologia multicritério de apoio à decisão (especificamente o Método de Análise Hierárquica – AHP) para escolha da ferramenta computacional mais adequada para analisar e gerenciar bancos de dados de uma operadora de saúde de médio porte que opera no mercado brasileiro.

2. Gerenciamento de Bancos de Dados

O gerenciamento de dados pode ser definido como a prática de coletar, organizar, armazenar e usar informações de forma segura, eficiente e econômica com objetivo de ajudar pessoas, organizações a tomar decisões. Segundo [Silberschatz *et al*., 2012] sistemas de gerenciamento de bancos de dados (SGBDs) são um conjunto de programas que a partir deles é possível criar e manter um bando de dados.

São características de um SGBD: controle de concorrência, segurança, recuperação de falhas, gerenciamento dos mecanismos de armazenamentos de dados e controle das restrições de integridade do banco de dados [Elmasri e Navathe, 2005].

Para realizar o gerenciamento desses dados de forma segura é necessário um programa computacional (sistema) para que se consiga realizar o monitoramento e análise das informações.

Com um banco de dados bem estruturado, os colaboradores conseguem realizar todas as atividades com muito mais eficiência e produtividade.

São ainda motivos da importância do gerenciamento de bancos de dados:

• reduzir os riscos de operação;
• aumentar segurança das informações sensíveis;
• customizar experiências de atendimento;
• realizar análise e previsões;
• melhorar tomadas de decisão.

Quando da escolha de um sistema de gerenciamento de dados a ser implementado é muito importante levar em consideração alguns critérios, que geralmente são técnicos (tipo de SGDB, tipo de estrutura, forma de acesso, requisitos), econômicos e até políticos [Elmasri e Navathe, 2005] e os objetivos a serem alcançados.

Por todos esses motivos, a escolha de um programa computacional eficiente para gerenciar um banco de dados torna-se imprescindível nos negócios das empresas e organizações, e deve ser pensado como uma atividade prioritária. A solução mais adequada vai ajudar os dados a gerarem valor, afinal não basta tê-los, é preciso usá-los com inteligência, agilidade, efetividade e segurança.

3. Método de Análise Hierárquica (AHP)

As metodologias multicritério de apoio à decisão podem ser descritas como um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar ou apoiar pessoas e organizações a tomarem decisões, sob a influência da multiplicidade de critérios. Essas metodologias se aprofundam na validação associada à análise de coerência, que possibilitam identificar e tratar ambiguidades e conflitos no processo decisório, configurando-se como uma alternativa à modelagem de problemas próximos da realidade, nos quais estejam presentes elementos complexos como: subjetividade, incertezas e ambiguidades [Costa, 2006].

Dentre as principais metodologias multicritério, pode-se destacar o Método de Análise Hierárquica (Analytic Hierarchy Process – AHP), proposto pelo Prof. Thomas Saaty nos anos 70 [Saaty, 1977], que que objetiva a seleção, escolha ou priorização de alternativas, em um processo que considera diferentes critérios de avaliação, permitindo a comparação de critérios quantitativos e critérios qualitativos, considerando a subjetividade envolvida nas decisões.

O AHP é considerado como uma das ferramentas de apoio à decisão multicritério mais conhecidas e difundidas, e com o maior número de aplicações relatadas na literatura [Vaidya e Kumar, 2006]. De fato, o método AHP possui diversas, variadas e recentes aplicações na indústria [Dweiri *et al*., 2016], no mercado financeiro [Pukala e Petrova, 2019], em transportes [Blagojević *et. al*., 2020] e muitas outras atividades [Emrouznejad e Marra, 2017].

No AHP, o problema deve ser estruturado em níveis hierárquicos, como forma de buscar melhor compreensão e avaliação. No exercício desta atividade devem ser identificados os elementos-chave para a tomada de decisão, agrupando-os em conjuntos afins, os quais são alocados em camadas específicas.

Outras características importantes do AHP são: os elementos da hierarquia são o Foco Principal (objetivo global), as Alternativas e os Critérios (e/ou subcritérios, caso existam); o ajuste das prioridades no AHP fundamenta-se na habilidade do ser humano de perceber o relacionamento entre objetos e situações observadas, comparando pares à luz de um determinado foco, critério, subcritério - julgamentos paritários; no AHP, é possível avaliar o modelo de priorização construído quanto a sua consistência [Saaty, 1980].

As etapas do método se constituem em [Costa, 2006]:

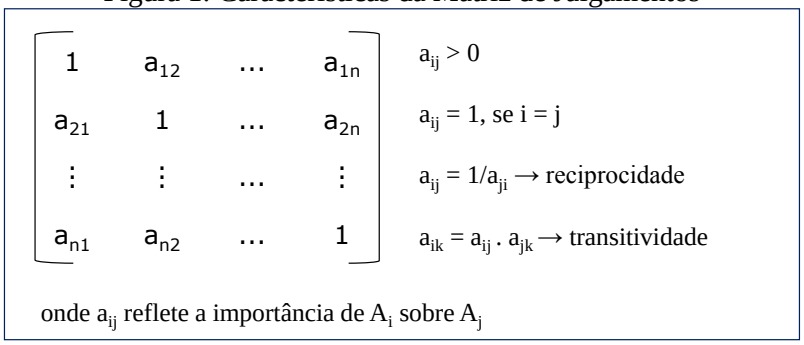
• Construção da Hierarquia;

• Aquisição e Síntese de dados - obtenção das matrizes de julgamento; normalização das matrizes de julgamento; cálculo das Prioridades Médias Locais (PMLs); cálculo de Prioridades Globais (PGs);

• Análise de Consistência.

A figura 1 mostra as características da matriz de julgamentos:

Figura 1: Características da Matriz de Julgamentos



Adaptado de [Freitas *et al.* 2008].

As prioridades médias locais dos elementos comparados na matriz de julgamento podem ser obtidas por meio de operações matriciais, calculando-se o autovetor da matriz e normalizando-o em seguida [Saaty, 1980]. As prioridades globais são obtidas combinando as PMLs relativas a alternativas e critérios (e subcritérios, quando existirem). Os elementos das PGs armazenam os desempenhos das alternativas à luz do Foco Principal.

A análise de consistência é uma etapa importante da utilização do método. Ela garante que os julgamentos oriundos dos especialistas são coerentes e respeitam os princípios da reciprocidade e da transitividade (com grau de tolerância). Uma forma de se mensurar o grau da inconsistência em uma matriz paritária é avaliar o quanto o maior autovalor desta matriz ($\lambda_{máx}$) se afasta da ordem da matriz (n). Assim o Índice de Consistência (IC) pode ser calculado como mostra a equação 1 [Saaty, 1980].

$$IC = |\lambda_{máx} - n| / (n-1) \quad (1)$$

Entretanto a gravidade da inconsistência deve ser reduzida com o aumento da ordem da matriz [Saaty, 1980], então a Razão de Consistência (RC) avalia a consistência em relação a ordem da matriz, conforme a equação 2:

$$RC = IC/IR \quad (2)$$

Onde IR é o índice de consistência randômico obtido para uma matriz reciproca, não negativa. A tabela 1 mostra os valores de IR.

Tabela 1: Valores de IR

Ordem da matriz	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Valor de IR	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Saaty 1980

Quanto menor for o valor da Razão de Consistência, mais próxima da consistência será a matriz. Uma boa medida de consistência ocorre quando RC for menor ou igual a 0,10 [Vargas, 1982].

Existem questionamentos quanto ao uso do AHP que dizem respeito a questão de inversão de ordem (*Rank Reversal*) – a posição relativa de alternativas poder ser alterada pela introdução ou remoção de uma nova alternativa. Alguns autores [Wang e Triantaphyllouda, 2008], [Wang e Luo, 2009], [García-Cascales e Lamata, 2012] afirmam em seus trabalhos que o problema

de inversão de ordem não ocorre somente no AHP, mas também em vários outros métodos multicritérios de apoio à decisão.

De fato, [Schoner e Wedley, 1989] argumentam que a questão de inversão de ordem não é resultado da introdução de uma nova alternativa no modelo, mas sim da introdução de uma nova alternativa sem a adequada reavaliação dos valores atribuídos aos elementos do nível hierárquico superior.

4. Utilização do AHP

Uma recém-criada operadora de saúde de médio porte precisa gerenciar de forma eficiente um banco de dados de seus beneficiários. Como existem dados sensíveis nas informações contidas neste banco de dados, o trabalho deve ser realizado em equipamento próprio da empresa, onde toda segurança necessária será atendida. Esta empresa possui apenas um sistema onde estão contidos os dados brutos, não sendo possível manipulá-los, trata-los ou criar relatórios. Para conseguir realizar de modo eficaz essas funções, precisa escolher um programa computacional de gerenciamento de dados e, para isso uma decisão deverá ser tomada.

Apesar de possuírem funcionários com experiência em programas computacionais para tratamento e manipulação de dados, o chefe do setor responsável optou por solicitar a ajuda de especialistas externos para obter a opção mais adequada ao seu modelo. Assim parte do modelo (foco principal, alternativas e critérios) foi definida internamente e, parte (emissão de julgamentos por especialistas) foi realizada externamente.

4.1 Foco Principal

Estabelecer de forma clara, objetiva, mas também minuciosa, o foco principal do problema decisório é atividade fundamental na utilização do AHP. Um foco mal dimensionado, pouco explicitado, não refletindo a realidade do problema, poderá levar a erros na atribuição de julgamentos por parte dos especialistas.

Segundo a operadora de saúde, através do funcionário responsável pelo setor, o foco principal pode ser definido como: um programa computacional para importação, manipulação e extração de dados. A empresa aprovou um orçamento de até R$7.000,00 ao ano para utilização desse programa, mas que seja levada em consideração também a resiliência (preço). Além disso, por ser uma empresa de saúde com médio porte, é necessário que sua capacidade de armazenamento seja ao menos 2GB.

Outra exigência, é que a empresa possua em seus quadros, funcionários que tenham conhecimento e capacidade para trabalhar com o programa escolhido, além da necessidade destes colaboradores transmitirem o conhecimento a outros, ou seja, o programa também deve ter aprendizagem relativamente acessível.

Ainda foi desejado um programa com bom design, pois influencia em melhor visualização de relatórios, além de torná-lo mais intuitivo.

4.2 Alternativas

As alternativas viáveis devem atender os requisitos apresentados no foco principal. Após, entrevistas realizadas com os membros do setor responsável da operadora de seguros, os programas (sistemas) computacionais mais citados, no sentido de servirem a esse propósito, foram: R Studio; SAS; SQL; Microsoft Access.

Entretanto ao analisar os custos desses programas, foi observado que o SAS possui um preço bastante elevado, ultrapassando o orçamento oferecido pela empresa de R$ 7000/anual. Por esse motivo, o SAS não foi incluído dentre as alternativas viáveis, ficando assim definidas:

- R Studio;
- SQL;
- Microsoft Access.

4.3 Critérios

O conjunto de critérios (e/ou subcritérios) deve ser completo - todas as propriedades relevantes à solução do problema devem estar "cobertas"; mínimo - não devem ocorrer redundâncias (superposições entre os critérios); operacional - em número razoável para que possa ser compreendido e utilizado durante todo o processo, sem criar dificuldades para especialistas e para os cálculos [Chankong e Haimes, 1983].

Para definição dos critérios, foi fruto da realização de um *brainstorm* online com os funcionários da operadora que fazem parte do setor responsável, discutindo detalhadamente o foco principal, à busca da percepção de cada um para a escolha de um programa computacional adequado. Dessa forma foi decidido pelos seguintes critérios:

• Custo (C1): melhor adequação de custo em relação a empregabilidade (utilidade).

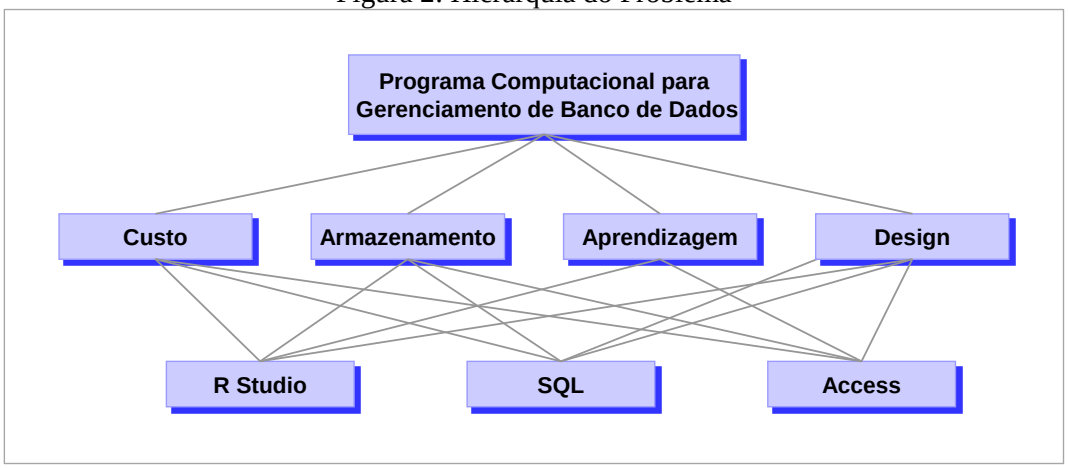
• Capacidade de Armazenamento (C2): para um bom desenvolvimento e inserção de dados, a capacidade de armazenagem se torna essencial.

• Facilidade de Aprendizado (C3): programa ser fácil em suas funções, de forma que sua utilização seja bem transparente.

• Design (C4): significa que na extração de relatórios a visualização seja clara e intuitiva, pois os resultados obtidos podem ser apresentados para as outras áreas da empresa.

Assim a hierarquia do problema ficou definida conforme a figura 2:

Figura 2: Hierarquia do Problema



Fonte: Autores

4.3 Especialistas e Julgamentos

Os especialistas (ou avaliadores) selecionados para o processo decisório devem possuir domínio do problema abordado no foco principal [Malhotra *et. al*, 2007], pois a eficácia do resultado do processo está diretamente associada à competência dos especialistas em emitir os julgamentos de valor.

Foram utilizados especialistas externos a empresa, com a condição que tivessem conhecimento e comprovada experiência nos três programas computacionais que compunham as alternativas viáveis, trabalhassem (ou tivessem trabalhado) em operadoras de saúde e, atuassem na área de gerenciamento de bancos de dados.

Para construir as matrizes de julgamento foram enviados os formulários, via Google Forms, para cada especialista de forma individual, com objetivo de obter suas preferências em relação as alternativas a luz dos critérios e, dos critérios em relação ao foco principal. As respostas foram convertidas através da Escala Fundamental [Saaty, 1980], conforme a tabela 2, para montar as matrizes de julgamento e, sem seguida transformadas em matrizes de comparações pareadas, de acordo com o método.

Tabela 2: Escala Fundamental

Escala Verbal	Escala Numérica
Igual	1
Moderada	3
Forte	5
Muito Forte	7
Extrema	9
2, 4, 6, 8 - Julgamentos Intermediários	

Fonte: Saaty 1980

Como o perfil dos especialistas era semelhante e, todos foram orientados em proceder em função de um objetivo comum, visando o benefício da empresa, o método escolhido para agregar as matrizes obtidas dos julgamentos de cada especialista foi o de Agregação Individual de Julgamentos [Forman e Peniwati, 1998].

4.5 Resultados

Todos os cálculos foram realizados em planilhas EXCEL®. Na figura 3, são apresentadas as matrizes de comparações das alternativas à luz de cada um dos critérios e dos critérios comparados à luz do foco principal, resultantes da Agregação Individual dos Julgamentos (AIJ), emitidos individualmente por cada um dos especialistas.

Figura 3: Matrizes Agregadas

C1	R	SQL	Access
R	1,00	0,36	1,91
SQL	2,76	1,00	3,27
Access	0,52	0,31	1,00

C2	R	SQL	Access
R	1,00	0,36	4,22
SQL	2,76	1,00	6,80
Access	0,24	0,15	1,00

C3	R	SQL	Access
R	1,00	0,24	1,19
SQL	4,16	1,00	1,91
Access	0,84	0,52	1,00

C4	R	SQL	Access
R	1,00	0,44	1,44
SQL	2,27	1,00	2,03
Access	0,69	0,49	1,00

FP	C1	C2	C3	C4
C1	1,00	1,00	4,64	6,32
C2	1,00	1,00	5,00	5,59
C3	0,24	0,20	1,44	1,44
C4	0,16	0,18	1,00	1,00

Fonte: Autores

De posse das matrizes resultantes da agregação dos julgamentos emitidos pelos especialistas, foram calculadas a Prioridades Médias Locais (PMLs) relativas aos Critérios e ao Foco Principal, apresentadas na tabela 3.

Tabela 3: Prioridades Médias Locais

Critérios / Foco Principal	PML
Custo (C1)	(0,25; 0,59; 0,16)
Capacidade de Armazenamento (C2)	(0,28; 0,64; 0,08)
Facilidade de Aprendizagem (C3)	(0,20; 0,57; 0,23)
Design (C4)	(0,27; 0,51; 0,22)
Foco Principal (FP)	(0,42; 0,41; 0,10; 0,07)

Fonte: Autores

As PMLs apontam o quanto as alternativas ponderam em relação a cada um dos critérios. Então pode-se observar que, por exemplo, que a alternativa SQL prepondera em relação a todas as demais em relação a cada critério. E que os critérios Preço e Capacidade de Armazenamento tem influência muito forte no processo decisório.

Na tabela 4, são apresentadas as Prioridades Globais encontradas para as três alternativas: R Studio, SQL e Acess.

Tabela 4: Prioridades Globais

Alternativas	PG
R	0,26
SQL	0,60
Access	0,14

Fonte: Autores

Os resultados das PGs apontaram a alternativa SQL (com prioridade igual a 0,60) como a mais adequada, nesse caso, para o gerenciamento do banco de dados na opinião dos especialistas, seguida pela alternativa R (com prioridade igual a 0,26), e pela alternativa Access (com prioridade igual a 0,14).

Os valores da Análise de Consistência - Autovalor máximo ($\lambda_{máx}$), Índice de Consistência (IC) e Razão de Consistência (RC) são apresentados na tabela 5. Como todos os valores da Razão de Consistência encontrados são menores que 0,10, pode-se dizer que os julgamentos são consistentes.

Tabela 5: Análise de Consistência

Critério / Foco Principal	$\lambda_{máx}$	IC	RC
Custo (C1)	3,03	0,01	0,02
Capacidade de Armazenamento (C2)	3,03	0,01	0,02
Facilidade de Aprendizagem (C3)	3,10	0,05	0,09
Design (C4)	3,03	0,01	0,02
Foco Principal (FP)	4,25	0,08	0,09

Fonte: Autores

5. Análise de Sensibilidade

Em algumas situações, pode ocorrer algum grau de insegurança do decisor sobre o resultado final do processo. Isso pode ser fruto de alguma dúvida demonstrada pelos especialistas quanto aos juízos emitidos ou ainda quanto ao método usado para agregar opiniões. Assim é importante examinar quão robusta é a solução do problema, ou seja, o quanto a alternativa selecionada é sensível quanto às mudanças nos juízos emitidos.

Uma opção é variar ligeiramente os valores atribuídos a um ou mais critérios e verificar se a alternativa escolhida permanece a mesma (Análise de Sensibilidade), ou melhor, verificar se o resultado final se altera – mediante uma margem de tolerância [Saltelli *et al*., 2000].

A análise de sensibilidade pode ser definida também como procedimento para determinar se a solução obtida com o processo de priorização pode ser modificada com pequenas alterações nos valores dos critérios. Se as alterações não afetarem significativamente a solução, esta pode ser considerada robusta. Se afetarem, pode-se utilizar as informações de saída na modelagem do problema [Malczewski, 1999].

Os gráficos da análise de sensibilidade podem ser observados na figura 4, onde fica fácil notar que o resultado é bastante robusto. Para existir alguma alteração no resultado do modelo, o valor do critério Aprendizagem (C3), que obteve pontuação baixa (0,10) em relação ao objetivo global, teria que variar pelo menos 75% e, assim mesmo só acarretaria, a partir dessa mudança,

uma alteração das alternativas elencadas como segunda e terceira prioridades (R e Access). A alternativa escolhida como a mais adequada a solução do problema (SQL) não se alteraria em nenhuma circunstância.

Figura 4: Análise de Sensibilidade



Fonte: Autores

6. Considerações

Esse artigo teve como objetivo a utilização do Método de Análise Hierárquica (AHP) para auxílio à decisão no caso da escolha da ferramenta computacional mais adequada para análise, tratamento e gerenciamento de dados de uma operadora de saúde de porte médio, no mercado brasileiro.

Analisando os resultados verifica-se que a alternativa considerada pelo grupo de avaliadores como a mais interessante no caso é a linguagem SQL, que obteve a prioridade global 0,60, bem maior que as demais alternativas consideradas como viáveis. As demais alternativas – R e Access, obtiveram respectivamente, 0,26 e 0,14 como prioridades globais. De fato, o resultado se justifica quando se nota que a alternativa SQL superou as demais em todos os critérios envolvidos no modelo.

Foi realizada a análise de consistência das matrizes que mostrou que os julgamentos emitidos pelos especialistas foram consistentes (todos os valores de Razão de Consistência encontrados foram menores que 0,10). Além disso foi realizada a Análise de Sensibilidade que demonstrou que o resultado encontrado foi bastante robusto, visto que as variações impostas não alteram a solução.

O modelo e os resultados foram apresentados a gerência da empresa (operadora de seguros) e, ao setor responsável pela elaboração e manutenção do banco de dados, que se mostraram satisfeitos com a solução. Cabe destacar ainda, que todos os envolvidos na elaboração do modelo multicritério de apoio à decisão (gerência, setor responsável, técnicos e especialistas) não tiveram problemas em compreender o processo decisório e o modelo proposto, o que demonstra a utilidade e facilidade do método empregado.

Referências

Blagojević, A.; Vesković, S.; Kasalica, S.; Gojić, A.; Allamani, A. (2020). The application of the fuzzy AHP and DEA for measuring the efficiency of freight transport railway undertakings. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 3(2), 1-23.

Chankong, Y. e Haimes, Y. (1983) Multiobjective Decision Making. Amsterdam, North Holland.

Costa, H. G. (2006). Auxílio Multicritério à Decisão: Método AHP. UFF.

Dweiri, F.; Kumar, S.; Khan, S. A.; Jain, V. (2016). Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry, *Expert Systems with Applications*, V. 62, 273-283.

Elmasri, R. e Navathe, S. B. (2005). Sistemas de Banco de Dados, São Paulo: Pearson Education do Brasil.

Emrouznejad, A; Marra, M. (2017). The state of the art development of AHP (1979–2017): a literature review with a social network analysis. *International Journal of Production Research*. V.55, 22, 6653-6675.

Forman E. e Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European Journal of Operacional Research*, n.108, 165-169.

Freitas, A. L. P.; Trevizano, W. A.; Costa, H. G. (2008). Uma abordagem multicritério para problemas decisórios com múltiplos grupos de avaliadores. *Investigação Operacional*, n.28, 133-149.

García-Cascales, M. S.; Lamata, M. T. (2012). On rank reversal and Topsis method. *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 56, no.5-6,123-132.

Malhotra, V. A.; Lee, M. D.; Khurana, A. (2007). Domain experts influence decision quality: towards a robust method for their indentification. *J. of Petroleum Science and Engineering*, 57, 181-194.

Malczewski, J. (1999). GIS and Multicriteria Decision Analysis. New York, John Wiley.

Peniwati, K. (2007). Criteria for evaluating group decision-making methods. *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 46, Issues 7–8, 935-947.

Pukala, R.; Petrova, M. (2019). Application of the AHP method to select an optimal source of financing innovation in the mining sector. In. *Proceedings of IVth International Innovative Mining Symposium (E3S Web Conf.)*, 105, 04034.

Rob, P. e Coronel, C. (2010). Sistema de Bancos de Dados: Projeto, Implementação e Gerenciamento. São Paulo, Cengage Learning Ed.

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

Saaty, T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process. New York, McGraw-Hill.

Saltelli, A., Chan, K. e Scott, E. M. (2000). Sensitivity Analysis. Singapore: John Willey.

Schoner, B.; Wedley, W. C. (1989). Ambiguous criteria weigth in AHP: consequences and solutions. *Decision Sciences*, v.20, 462-475.

Shimizu, T. (2001). Decisão nas organizações. São Paulo: Atlas.

Silberschatz, A. e Korth H. F., Sudarshan S. (2012). Sistema de Banco de Dados. Rio de Janeiro: Elsevier.

Vaidya, O. e Kumar, S. (2006). Analytic Hierarchy Process: an overview of applications. *European Journal of Operational Research* 169(1):1-29.

Vargas, L. G. (1982). Reciprocal matrices with random coefficients. *Mathematical Modelling*, 3, 69-81.

Wang, Y. M.; Luo, Y. (2009). On rank reversal in decision analysis. *Mathematical and Computer Modelling*, vol.49, no.5-6, 1221-1229.

Wang, X.; Triantaphyllou, E. (2008). Ranking irregularities when evaluating alternatives by using some ELECTRE methods, *Omega*, Vol. 36, 45-63.