

Seleção de Fornecedores: Um modelo de decisão baseado em AHP

Paulo W. Rodrigues*, Leandro Luis Corso*

Resumo

Com a consolidação de uma nova era na cultura organizacional, fortemente apoiada em soluções digitais para informatização e automação de processos, um eficiente processo de seleção de fornecedores se apresenta como uma das atividades de maior criticidade para a equipe de gestão de tecnologia de uma organização. Este processo decisório tem a responsabilidade de definir, interferir e consolidar diversos fatores produtivos como qualidade dos produtos e serviços gerados, bem como seu desempenho real. De maneira geral, a abordagem dos processos de seleção de fornecedores é definida como um problema de decisão no qual requisitos da organização são convertidos em critérios avaliando com igualdade de condições as opções de diferentes fornecedores, utilizando para isto diferentes modelos teóricos definidos a partir de métodos de decisão multicritério. Este artigo apresenta a construção de um modelo matemático para tomada de decisão baseado no conceito de múltiplos objetivos por meio do AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Objetivou-se aplicar o modelo em uma situação real para a escolha de um fornecedor de um sistema de gestão de chão de fábrica em uma indústria do setor de carrocerias. O estudo de caso foi desenvolvido a partir de uma requisição de proposta de fornecimento enviada a três fornecedores que apresentaram condições mínimas de fornecimento, e responderam aos oito critérios específicos desenvolvidos para o julgamento. Com este trabalho, foi possível desenvolver um modelo de decisão para a montagem de um cenário de critérios onde foi facilitado o julgamento de propostas dos fornecedores selecionados, culminando na decisão mais vantajosa para a organização, atingindo o melhor equilíbrio entre os critérios definidos e a necessidade da solução.

Palavras-chave

Análise de Decisão, Processo Analítico Hierárquico, Seleção de fornecedores.

Suppliers Selection: An AHP-based decision model

Abstract

In new era of consolidation in organizational culture, strongly supported by digital solutions for computerization and process automation, an efficient supplier selection process is one of the most critical activities for an organization's technology management team. This decision-making process has the responsibility of defining, interfering and consolidating several productive factors such as the quality of the products and services generated, as well as their actual performance. In general, the approach to supplier selection processes is defined as a decision problem in which the requirements of the organization are converted into criteria, evaluating with equal conditions the options of different suppliers, using different theoretical models defined by methods decision-making. In this article, a decision model based on the concept of multiple and conflicting objectives is presented in the AHP category (Hierarchical Analysis Process), which is interesting for setting up a criteria scenario where it is easier to judge the proposals of a range of suppliers, culminating in the most advantageous decision for the organization, seeking the best balance between the defined criteria and the need for the solution.

Keywords

Decision Analysis, Hierarchical Analysis Process, Supplier selection

I. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios do comércio, a humanidade decide entre fornecedores. Seja para o chá da corte inglesa, melhor da Índia, para o café, melhor da América do Sul, ou para a porcelana, chinesa por favor. Ainda que sem as técnicas e metodologias atuais e principalmente sem todas as necessidades que um sistema industrial precisa sanar, as

pessoas se preocupavam em controlar custos, a qualidade do material ou serviço, e os riscos envolvidos em uma escolha.

Atualmente, a globalização provoca a alta competição na concorrência internacional, assim faz com que o setor secundário se mantenha em busca de métodos e análises vantajosas para conservar-se competitivo [1]. Assim, sendo o principal processo na cadeia de fornecimento e afetando todas as demais áreas de uma organização, a função de compras está

* Área do Conhecimento de Ciências Exatas e Engenharias – Universidade de Caxias do Sul
E-mails: pwrodrigues87@gmail.com, llcorso@ucs.br

tomando uma importância crescente [2]. Essa relevância justifica a necessidade de um processo de seleção de fornecedores robusto, especialmente em um cenário onde a decisão deve ser ágil.

Com o advento dos conceitos de manufatura digital, também conhecida como Indústria 4.0, as organizações intensificaram as ações em busca de crescimento e inovação a partir de projetos que serão suportados por softwares de mercado como ERP, CAD, MES e MOM, APS, IBP, S&OP entre outros [3]. Estes processos promovem mudanças nos negócios para assegurar a vantagem competitiva e sustentabilidade da instituição que os está aplicando. Desta forma, nos atuais mercados globalizados e, neste cenário de crescente demanda por processos cada vez mais complexos, os gestores devem estar atentos à necessidade de técnicas e ferramentas adequadas que proporcionem um bom gerenciamento, suporte e acompanhamento baseados em critérios bem definidos. O objetivo é garantir que se obtenham, na maior quantidade possível, decisões assertivas sobre qual a melhor alternativa para a organização frente a um processo decisório de aquisição [2].

Em algumas organizações, já se observa uma tendência de alinhamento entre o planejamento estratégico e as áreas de tecnologia da informação. Isso é fundamental para que os processos desenhados em prol de um objetivo organizacional possuam atividades automatizadas por sistemas que acabam por gerar benefícios como: busca por competitividade no plano global, preparação para o crescimento, flexibilidade e uniformização ou consolidação de dados, por exemplo [4].

Na maioria dos processos de aquisição são necessários diversos critérios de atendimento para avaliar as soluções propostas, estabelecendo-se uma diferenciação da relevância destes critérios por meio de notas ou pesos. A gerência das aquisições do projeto descreve os processos necessários para a aquisição de mercadorias e serviços fora da organização que desenvolve o projeto. Ele é composto pelo planejamento das aquisições, preparação das aquisições, obtenção de propostas, seleção de fornecedores, administração dos contratos e encerramento do contrato [5]. Pode-se estruturar o processo de seleção de fornecedores em três etapas inter-relacionadas que visam identificar um conjunto de possíveis fornecedores e reduzi-lo até a escolha final, sendo estas: Definição do objetivo, Formulação dos critérios, e Qualificação dos fornecedores [10]. De maneira concisa, se considera para este artigo o fluxo de aquisição representado na Figura 1.

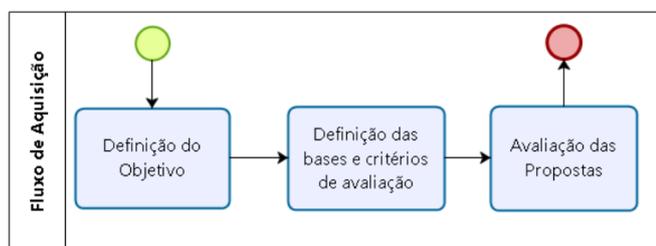


Fig. 1: Fluxo de Aquisição

O objetivo deste artigo é de aplicar o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para criar um modelo de tomada de decisão aplicado às aquisições na área de tecnologia da informação, mas que possa ser facilmente adaptado e expandido a outras áreas correlatas por meio de uma simples reformulação de critérios, o que evidencia a relevância deste estudo como um exemplo real de aplicação [11]. Aqui,

destacam-se os descritivos e considerações feitos para cada um dos níveis, bem como a descrição das considerações de pontuação efetivadas na aplicação prática do modelo, servindo como base para autores que possam seguir na mesma direção de aplicação do método. A ideia principal do método de decisão multicritério AHP é a clarificação de critérios de um sistema comparado por pares. Por meio da avaliação da relevância relativa de cada um deles, determina-se uma classificação em níveis de importância. O método é utilizado em diversas áreas e torna possível que dados quantitativos e qualitativos sejam abrangidos em uma mesma análise. Também possibilita, utilizando uma modelagem matemática, avaliar a capacidade do homem para realizar julgamentos, sem que ocorram divergências [1]. Como resultados do estudo serão apresentados:

- I. O processo de desenvolvimento do modelo de apoio à tomada de decisão;
- II. A aplicação do modelo em um caso de aquisição real;
- III. O resultado da aplicação real do método.

A organização do artigo está definida da seguinte forma: I. Introdução; II. Material e Métodos; III. Resultados; IV. Conclusão; V. Agradecimentos; VI. Bibliografia. Neste formato, na seção II está apresentada a metodologia do processo AHP em sua generalidade, embasada pela bibliografia de trabalhos correlatos. Na seção III, o trabalho desenvolvido na aplicação do caso escolhido é apresentado utilizando nomes fictícios para proteção das partes envolvidas no processo. Também nesta seção, os resultados obtidos são apresentados e discutidos. Finalmente, na seção IV são apresentadas as conclusões do artigo.

II. MATERIAL E MÉTODOS

O modelo de decisão AHP é um modelo de decisão multicritério estruturado para tomada de decisão em cenários complexos, com grande número de critérios considerados para a classificação das alternativas disponibilizadas, buscando a definição da que melhor atende o objetivo. A formulação do método é composta por matrizes, que representam os critérios e as alternativas para a tomada de decisão [1]. Esta metodologia foi desenvolvida na década de 80 por Thomas L. Saaty e tem sido aplicada em diferentes contextos de tomadas de decisão, especialmente por sua simplicidade [4].

O método AHP é aplicado para a tomada de decisão em diversos cenários complexos em que pessoas trabalham em conjunto para tomar decisões e onde percepções humanas, julgamentos e consequências possuem repercussão de longo prazo. Este modelo possibilita a avaliação subjetiva das alternativas que satisfazem a uma rede de critérios, organizando-os em uma classificação hierárquica por meio da atribuição de pesos para estes critérios ou características. Essa possibilita que mesmo as alternativas que não se relacionam sejam consideradas e o resultado é a melhor alternativa reconhecida no processo decisório [5].

A ideia fundamental do processo AHP parte da decomposição do objetivo em uma hierarquia de critérios que podem ser analisados individualmente a partir da comparação

aos pares das alternativas disponíveis sob a ótica dos critérios definidos, conforme observável na Figura 2.

Essa comparação pode utilizar dados concretos das alternativas ou julgamentos humanos como forma de informação [7]. O modelo AHP traduz estas comparações, que podem ser qualitativas, em valores objetivos que facilitam o processo decisório sobre qual é melhor a partir de uma nota para o atendimento de cada alternativa. Utilizando o mesmo princípio da comparação, cada critério recebe um peso, que permitirá a avaliação de cada um dos elementos em uma hierarquia estabelecida. A comparação entre dois elementos utilizando o AHP deve ser realizada sobre uma base comum de comparação. Para tanto, a utilização de uma escala de importância conforme proposto por Saaty é o conceito mais popularizado e aceito, onde se atribuem valores de mínimo a máximo, e sua escala determina a importância relativa de uma alternativa “x” com relação à alternativa “y” e, reciprocamente, da alternativa “y” em relação à alternativa “x”.

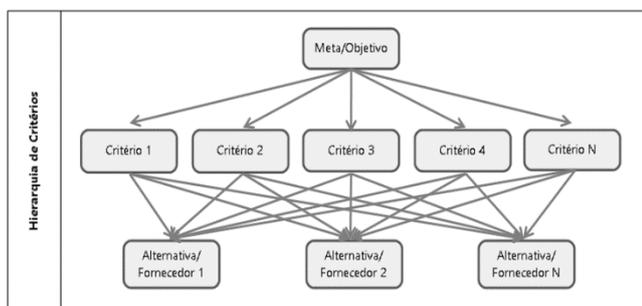


Fig. 2: Fluxo de Decomposição de Critérios

Alerta-se para o fato de quanto maior ou mais complexa a escala, maiores serão as dificuldades de diferenciação e atribuição de valores a um determinado, e a associação de conceitos e percepções poderá incorrer na mesma problemática, mesmo para situações muito distintas, tais como [8]:

$$x = R\$ 1,00; e, y = R\$ 3,00;$$

$$x = R\$ 1.000,000,00; e, y = R\$ 3.000,000,00;$$

Esta associação pode desviar o real significado do conceito ou julgamento de valor, pois embora haja uma escala de 1:3 em ambas, obviamente não tem a mesma representatividade. Nesta percepção revela-se a importância de discussão verbal dos critérios para, posteriormente, convertê-los em uma razão numérica. Para atenuar este efeito e também para simplificar o modelo proposto, sempre que possível se utiliza uma escala binária objetiva de 1 a 2, onde 1 representa uma igualdade de atendimento e 2 uma superioridade de atendimento a um determinado critério. Como subproduto desta condição, $\frac{1}{2}$ representará uma condição de inferioridade frente ao outro critério.

Assim como outros métodos relevantes, também o AHP posiciona vantagens e desvantagens. Segundo Saaty [8], o benefício do método é que, como os valores dos julgamentos das comparações paritárias são baseados em experiência, intuição e também em dados físicos, o AHP pode lidar com aspectos qualitativos e quantitativos de um problema de decisão.

De acordo com a bibliografia avaliada, propõe-se neste artigo um desenvolvimento da matriz de decisão baseado nas seguintes etapas:

i. Definição do Objetivo: A definição do objetivo abrange a etapa de determinação do escopo do projeto, que deve ser estressada até atingir um nível satisfatório de esclarecimento, abrangência e delimitação, para que haja uma maior segurança de que serão atendidas as necessidades definidas neste escopo. Desta forma, objetivando que o processo de comparação seja justo e eficiente. Em consequência da definição do objetivo, se direciona para a formulação dos critérios. Trata-se de especificar estas necessidades em um modelo capaz de proporcionar condições aos fornecedores em potencial à compreensão dos requisitos para que a formulação da proposta ocorra da maneira mais eficiente e assertiva possível. Estes modelos são definidos comercialmente como uma solicitação de proposta *Request for Proposal* (RFP) ou de cotação *Request for Quotation* (RFQ). Considera-se importante que nesta requisição, já estejam definidos os critérios para a avaliação das propostas, e também se estes são requisitos obrigatórios ou opcionais. Recomenda-se que estas solicitações sejam encaminhadas no mesmo momento aos diferentes fornecedores e aplicados o mesmo prazo de entrega das devolutivas. Se isto não for totalmente possível, recomenda-se ao menos que todos os fornecedores tenham o mesmo tempo hábil para trabalhar nas propostas.

No modelo proposto, são comparados os seguintes critérios comerciais, conforme pode ser observado no Quadro 1: (1) Nota de atendimento da RFQ, (2) Preço, (3) Prazo de entrega, (4) Corpo técnico de implantação, (5) Equipe de suporte (tamanho e proximidade da base de operação), (6) Facilidade de integração com outros sistemas, (7) Casos apresentados (implementações em andamento ou já concluídas em outros clientes) e (8) Percepção geral do grupo avaliador.

Quadro 1: Critérios

| Critério | Descrição | Definição |
|----------|----------------|---|
| 1 | Nota RFQ | Nota recebida pelo fornecedor pela proposta técnica |
| 2 | Preço | Valor (R\$) total da oferta |
| 3 | Prazo de Entr. | Atendimento ao prazo definido |
| 4 | Corpo Téc. | Qualidade da equipe de implantação |
| 5 | Suporte | Tamanho da equipe e proximidade da base de operação |
| 6 | Integração | Nível de integração a outras soluções |
| 7 | Cases | Quantidade e qualidade de outros trabalhos |
| 8 | Percepção | Percepção do grupo avaliador |

Neste trabalho, especificamente no critério 1 (nota de atendimento da RFQ), estão definidos e consolidados os 29 critérios técnicos necessários para o atendimento do projeto, sendo alguns destes itens: (8) Gestão de consumo de

materiais, (12) Plano de contingência para atenuar potenciais paradas, (18) Capacidade de execução de grande volume de dados, (21) Mobilidade, (27) Escalabilidade – plataforma multi-idioma e (28) Multi-moeda. Optou-se por encapsular estes critérios técnicos em um de único valor para facilitar a comparação com outros critérios não técnicos, como preço e prazo de entrega, a fim de tornar o processo decisório mais robusto. Desta forma, os critérios técnicos da RFQ produzirão uma nota de atendimento a cada alternativa de fornecimento, baseada puramente em nível de atendimento a necessidade, e essa nota torna o critério técnico facilmente comparável aos outros critérios comerciais, reduzindo também o número de comparações necessárias e combinações possíveis [12].

Quanto a classificação dos critérios e subcritérios definidos o problema deve ser estruturado em níveis hierárquicos descendentes formando uma hierarquia ou árvore de decisão no qual o objetivo geral deve ficar no topo da estrutura, sucedido dos critérios associados com o problema a ser solucionado. Tais critérios podem ser ainda diluídos em subcritérios, em um nível abaixo. Normalmente isso ocorrerá em uma diversidade de critérios comerciais e técnicos que definidos pela necessidade que se deseja atender [8, 9]. Os critérios comerciais e técnicos enviados na RFQ a todos os fornecedores que participam da concorrência do projeto podem ser definidos a partir do estudo de casos internos e externos estudados, da biblioteca, de lições aprendidas existente nas áreas de impacto do projeto e na experiência e conhecimento da equipe, diante dos desafios a serem abordados, abrangendo todas as necessidades que se visa atender a partir da análise do cenário atual e suas carências para a projeção de um cenário futuro desejado.

Embasado na bibliografia apresenta por Saaty [8], definiu-se que a cada um dos critérios definidos terão a atribuição um peso de 1 a 5, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2: Pesos dos critérios

| Nota | Categoria | Definição |
|------|------------------------------|---|
| 1 | Irrelevante ou opcional | Não atendimento poderá ser contornado com outras soluções ou modelos sem impacto. |
| 2 | Relevante ou Desejável | Não atendimento deverá ser contornado com outras soluções com pouco impacto ao projeto. |
| 3 | Importante ou Necessário | Não atendimento deverá ser contornado com outras soluções com impacto significativo |
| 4 | Muito importante ou Exigível | Não atendimento deverá ser contornado com outras soluções com grande impacto |
| 5 | Fundamental ou Eliminatório | Sem este as bases/diretrizes não serão realizáveis |

A ordenação hierárquica possibilita ao decisor ter uma “visualização do sistema como um todo e seus componentes, bem como interações destes componentes e os impactos que os mesmos exercem sobre o sistema”. Possibilita também compreender de forma global, o problema e a relação de complexidade, ajudando na avaliação da dimensão e conteúdo dos critérios, por meio da comparação homogênea dos elementos [9].

Seguindo este mesmo conceito, definiu-se que cada alternativa de fornecimento receberá uma nota de atendimento frente ao seu desempenho em cada critério da RFQ. Para tal, cada qual seguiu o critério de avaliação com notas de 1 a 5, conforme expresso no Quadro 3.

Quadro 3: Notas de atendimento

| Nota | Categoria | Definição |
|------|---------------------|---|
| 1 | Não atende | O fornecedor não atende a especificação. |
| 2 | Atende Parcialmente | O fornecedor atende parcialmente ao requisito (com ressalvas). |
| 3 | Atende | O fornecedor atende ao requisito sem ressalvas. |
| 4 | Supera Parcialmente | O fornecedor atende ao requisito e oferece alguma ou facilidade extra. |
| 5 | Supera Totalmente | O fornecedor atende totalmente o requisito com facilidades que agregam valor. |

Desta forma, pode-se pontuar e avaliar a condição individual de cada fornecedor frente aos critérios técnicos, encerrando a primeira etapa de avaliação com uma nota a cada uma das alternativas que representa, em sua totalidade, a capacidade técnica de atendimento destes fornecedores. A seguir, se iniciará a análise de pontuação entre as alternativas nos critérios estabelecidos.

ii. Confronto de critérios e alternativas: Após a definição dos critérios e de dados os respectivos pesos e notas individualmente para cada alternativa, deve ser realizada uma comparação aos pares de cada elemento por meio de uma matriz. Essa matriz representará as predominâncias entre os critérios ou subcritérios avaliados e se estenderá até que todos os critérios de um mesmo grau estejam avaliados entre si. Essa relação de predominância é expressa matematicamente na Figura 3.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \text{ onde: } \begin{aligned} a_{ij} &> 0 \Rightarrow \text{positiva} \\ a_{ij} &= 1 \therefore a_{ji} = 1 \\ a_{ij} &= 1/a_{ji} \Rightarrow \text{recíproca} \\ a_{ik} &= a_{ij} \cdot a_{jk} \Rightarrow \text{consistência} \end{aligned}$$

Fig. 3: Matriz de Decisão Quadrada

As comparações serão utilizadas para identificar o melhor ou mais importante componente entre duas opções em uma comparação direta. O objetivo dessa matriz é classificar os componentes, sejam eles critérios ou alternativas de acordo com seu desempenho ou relevância, sendo que o produto destas matrizes mostrará com assertividade a melhor opção.

Neste trabalho, a fim de obter um modelo de simples aplicação para a tomada de decisão, não se irá utilizar a escala de 1 a 9 e sim, para a intensidades de importância na comparação entre critérios, uma escala de 0,5, 1 e 2, onde 1 representa igualdade de importância e 2 representa prioridade de importância. Como subproduto desta definição, tem-se o inverso de 2, em que 1/2 representa a subimportância de um

critério com relação ao outro, conforme o Quadro 4. Assim, tem-se a diferenciação entre os critérios de uma ágil e prática.

Quadro 4: Categorias de Importância

| Nota | Categoria | Definição |
|------|-------------------|---|
| 1/2 | Menor Importância | O critério X (L) é menos importante do que o critério Y (C) correspondente. |
| 1 | Igual Importância | O critério X (L) é tão importante quanto o critério Y (C) correspondente. |
| 2 | Maior Importância | O critério X (L) é mais importante do que o critério Y (C) correspondente. |

Seguindo a mesma lógica, utilizou-se a mesma escala para a comparação do nível de atendimento dos critérios entre duas alternativas de fornecimento (comparação de fornecedor A x B em relação a um critério), conforme o Quadro 5.

Quadro 5: Níveis de Atendimento

| Nota | Categoria | Definição |
|------|--------------------|--|
| 1/2 | Pior Atendimento | O fornecedor A (L) tem um nível de atendimento menor do que o fornecedor B (C) correspondente. |
| 1 | Igual Atendimento | O fornecedor A (L) tem um nível de atendimento igual ao do fornecedor B (C) correspondente. |
| 2 | Melhor Atendimento | O fornecedor A (L) tem um nível de atendimento maior do que o fornecedor B (C) correspondente. |

Neste momento, de posse das devolutivas apresentadas por cada alternativa de fornecimento ocorre a comparação entre as alternativas de maneira direta, a fim de transcrever critérios subjetivos em uma grandeza matemática facilmente comparável. Individualmente, cada critério é submetido a esta comparação entre fornecedores em um formato de Linha x Coluna, que terá em seus subprodutos o inverso destas comparações, como apresentado na Figura 4. Esta matriz apresenta ainda um somatório dos resultados destes enfrentamentos a cada fornecedor, que será utilizado ao fim para a normalização dos valores atribuídos a cada fornecedor em cada critério para a decisão final.

| Matriz Preço | Forn. A | Forn. B | Forn. C | Somatório |
|---------------------|---------|---------|---------|-----------|
| Forn. A | X | 2 | 2 | 4 |
| Forn. B | 0,5 | X | 0,5 | 1 |
| Forn. C | 0,5 | 2 | X | 2,5 |

Fig. 4: Matriz de decisão para preço

De maneira concisa, pode-se determinar que o processo de avaliação ocorreu em três etapas: a primeira avaliando individualmente o nível de atendimento técnico da solução ofertada por cada alternativa de fornecimento por meio do

produto entre o peso do critério e a nota recebida da equipe de avaliação, a segunda com a comparação direta entre pares de alternativa para identificar qual é a melhor opção frente a cada critério técnico ou comercial estabelecido. Por fim a terceira etapa apresentou a soma dos resultados individuais de cada alternativa frente a cada critério revelando a melhor opção por meio da classificação decrescente destes resultados. No fluxograma da Figura 5, transcreve-se os passos utilizados.

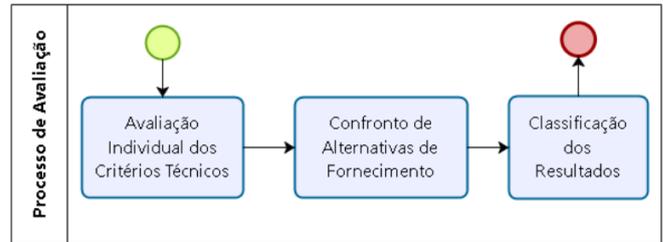


Fig. 5: Fluxo de Avaliação de Propostas

III. RESULTADOS

Avaliação de dados para este trabalho, desenvolvido em uma empresa de carrocerias, uma equipe multidisciplinar foi designada para a construção dos critérios, bem como o detalhamento de cada um a cada alternativa de fornecimento. A finalidade foi de garantir a plena e total compreensão da necessidade a todos os fornecedores. Imediatamente após o recebimento das devolutivas das solicitações de proposta ou cotação, passou-se a etapa de qualificação. Nesta etapa, ocorre o julgamento da proposta que deve ser realizado com a aplicação dos critérios de avaliação definidos, onde devem ser eliminados os concorrentes que não atendem aos requisitos obrigatórios, e classificados, com base na diferenciação, aqueles que preenchem os requisitos obrigatórios definidos. Deve-se alertar a um componente cultural onde se observa que as organizações tendem a inclinar, condicionar ou favorecer seu julgamento ao menor preço apresentado. Este tipo de decisão, que se desvincula dos outros critérios, incrementa um sério fator de risco aos projetos, pois desconsidera a diferença de qualidade entre os concorrentes e, eventualmente, entre os produtos e serviços apresentados.

Conforme descrito anteriormente, a primeira etapa de avaliação consistiu em definir o valor de importância dos critérios, classificando-os. Neste momento, os 8 critérios definidos foram confrontados aos pares para que se demonstre numericamente a maior, menor ou igual importância do critério A frente ao B, C, D, E, F, G e H respectivamente, bem como de todas as combinações possíveis entre estes. Do somatório dos valores obtidos nestes confrontos, cada critério receberá um fator que será utilizado na matriz final, para que haja a correta diferenciação entre os critérios. Dessa forma, obteve-se a matriz apresentada na Figura 6.

Nesta primeira avaliação, se evidenciou como a comparação via matriz quadrada tem a função de elucidar qual critério tem maior relevância, quais tem relevância intermediária e quais são menos relevantes no projeto. Especificamente neste caso, nota-se que a Nota RFQ é, por larga vantagem, o item mais importante a ser atendido e, portanto, possui peso maior. Em contrapartida o prazo de entrega é um critério que poderá ser facilmente negociado caso não possa ser atendido em sua parcialidade ou plenitude.

Comparação dos Critérios

| Matriz Critérios | Nota RFQ | Preço | Prazo de Entr. | Corpo Tec. | suporte | Integração | Cases | Percepção | Somatório |
|------------------|----------|-------|----------------|------------|---------|------------|-------|-----------|-----------|
| Nota RFQ | X | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 14 |
| Preço | 0,5 | X | 2 | 0,5 | 2 | 2 | 1 | 2 | 10 |
| Prazo de Entr. | 0,5 | 0,5 | X | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 2 | 4 |
| Corpo Tec. | 0,5 | 2 | 2 | X | 1 | 0,5 | 2 | 2 | 10 |
| suporte | 0,5 | 0,5 | 2 | 1 | X | 0,5 | 1 | 2 | 7,5 |
| Integração | 0,5 | 0,5 | 2 | 2 | 2 | X | 0,5 | 2 | 9,5 |
| Cases | 0,5 | 1 | 1 | 0,5 | 1 | 2 | X | 1 | 7 |
| Percepção | 0,5 | 0,5 | 2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1 | X | 5,5 |

Classificação de Importância

| Clas | Critérios | Σ (Peso) |
|------|----------------|----------|
| 1ª | Nota RFQ | 14 |
| 2ª | Preço | 10 |
| 3ª | Corpo Tec. | 10 |
| 4ª | Integração | 9,5 |
| 5ª | suporte | 7,5 |
| 6ª | Cases | 7 |
| 7ª | Percepção | 5,4 |
| 8ª | Prazo de Entr. | 4 |

Fig. 6: Matriz de Comparação de Critérios

A próxima etapa de avaliação correspondeu a avaliar como cada alternativa atende aos critérios técnicos dentro da RFQ. Trata-se, portanto, de uma avaliação individual, onde o desempenho de cada alternativa de fornecimento frente a um critério ou subcritério estabelecido, variando o resultado de não atendimento ao atendimento pleno. Conforme citado anteriormente, o critério “Atendimento a RFQ” foi composto em 29 subcritérios, porém devido a sua complexidade, foram utilizados somente os sete itens, apresentados Figura 7. Cada subcritério recebeu um peso de 1 a 5, conforme critérios explicitados no Quadro 1. Também neste quadro, foram aplicadas as notas a cada fornecedor conforme seu nível de atendimento (Quadro 2). Algumas informações foram ocultadas por questões de sigilo das informações.

| Item | Descrição | Peso | Fornec. A | | Fornec. B | | Fornec. C | |
|------|---|------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| | | | Nota | Pond. | Nota | Pond. | Nota | Pond. |
| 1 | Facilidade de Criação de Interfaces para o Operador | 2 | 3 | 6 | 5 | 10 | 2 | 4 |
| 8 | Gestão de Consumo de Materiais | 4 | 4 | 16 | 3 | 12 | 3 | 12 |
| 12 | Plano de Contingência para atuar em paradas | 4 | 3 | 12 | 3 | 12 | 4 | 16 |
| 18 | Capacidade de execução de grande volume de dados | 5 | 3 | 15 | 3 | 15 | 2 | 10 |
| 21 | Plataforma apta a Mobilidade | 4 | 2 | 8 | 5 | 20 | 2 | 8 |
| 27 | Multi-moedas | 3 | 1 | 3 | 2 | 6 | 1 | 3 |
| 28 | Multi-Idioma | 2 | 3 | 6 | 3 | 6 | 1 | 2 |

| | | | | | |
|-------|------------|-------|------------|-------|------------|
| Pont. | 344 | Pont. | 406 | Pont. | 277 |
| N.F | 6,0 | N.F | 7,1 | N.F | 4,8 |

Fig. 7: Matriz de Comparação de Critérios de Avaliação

Com essa avaliação intermediária, foi possível avaliar de forma ordenada cada critério que se definiu importante para o projeto e sua relação com o todo, bem como o desempenho individual de cada fornecedor frente a cada um destes critérios. Do somatório das notas recebidas na RFQ, obteve-se uma nota final de atendimento para cada fornecedor, que se refletirá na avaliação geral do critério no momento do confronto com os outros pares na próxima etapa de avaliação.

Este passo contribui para que os critérios com características técnicas se diferenciem dos critérios com características comerciais, separando a análise em dois pontos distintos e facilitando a comparação entre pares. Com o resultado obtido da análise técnica mais detalhada frente aos critérios definidos para o projeto, é possível agora reduzir todos estes a uma nota de atendimento técnico, que será considerada e balizada juntamente com os outros critérios não

técnicos definidos como importantes para o projeto, com cada fornecedor já pontuado em seu nível de atendimento individual.

O próximo passo foi a comparação direta entre os fornecedores para o atendimento a cada critério. Assim, apresentados na Figura 8.

| Nota RFQ | | | | |
|-----------------|---------|---------|---------|-----------|
| Matriz Nota RFQ | Forn. A | Forn. B | Forn. C | Somatório |
| Forn. A | X | 0,5 | 2 | 2,5 |
| Forn. B | 2 | X | 2 | 4 |
| Forn. C | 0,5 | 0,5 | X | 1 |

| Preço | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|-----------|
| Matriz Preço | Forn. A | Forn. B | Forn. C | Somatório |
| Forn. A | X | 2 | 2 | 4 |
| Forn. B | 0,5 | X | 0,5 | 1 |
| Forn. C | 0,5 | 2 | X | 2,5 |

| Prazo de Entr. | | | | |
|-----------------------|---------|---------|---------|-----------|
| Matriz Prazo de Entr. | Forn. A | Forn. B | Forn. C | Somatório |
| Forn. A | X | 1 | 1 | 2 |
| Forn. B | 1 | X | 1 | 2 |
| Forn. C | 1 | 1 | X | 2 |

| Corpo Tec. | | | | |
|-------------------|---------|---------|---------|-----------|
| Matriz Corpo Tec. | Forn. A | Forn. B | Forn. C | Somatório |
| Forn. A | X | 0,5 | 2 | 2,5 |
| Forn. B | 2 | X | 2 | 4 |
| Forn. C | 0,5 | 0,5 | X | 1 |

| Suporte | | | | |
|----------------|---------|---------|---------|-----------|
| Matriz Suporte | Forn. A | Forn. B | Forn. C | Somatório |
| Forn. A | X | 2 | 2 | 4 |
| Forn. B | 0,5 | X | 2 | 2,5 |
| Forn. C | 0,5 | 0,5 | X | 1 |

| Integração | | | | |
|-------------------|---------|---------|---------|-----------|
| Matriz Integração | Forn. A | Forn. B | Forn. C | Somatório |
| Forn. A | X | 1 | 1 | 2 |
| Forn. B | 1 | X | 2 | 3 |
| Forn. C | 1 | 0,5 | X | 1,5 |

| Cases | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|-----------|
| Matriz Cases | Forn. A | Forn. B | Forn. C | Somatório |
| Forn. A | X | 1 | 2 | 3 |
| Forn. B | 1 | X | 2 | 3 |
| Forn. C | 0,5 | 0,5 | X | 1 |

| Percepção | | | | |
|------------------|---------|---------|---------|-----------|
| Matriz Percepção | Forn. A | Forn. B | Forn. C | Somatório |
| Forn. A | X | 0,5 | 2 | 2,5 |
| Forn. B | 2 | X | 2 | 4 |
| Forn. C | 0,5 | 0,5 | X | 1 |

Fig. 8 : Análise comparativa entre alternativas

Nesta etapa, buscou-se com base no conhecimento da proposta de cada fornecedor, estabelecer qual a predominância de uma proposta sobre a outra, quando comparadas aos pares. Por exemplo, como podemos observar na Figura 8, no critério Preço, o Fornecedor A recebe uma nota 2 quando comparado ao Fornecedor B. Isso significa que o Fornecedor A apresentou em sua proposta um valor total melhor do que o do Fornecedor B. Ainda neste critério, podemos observar que o Fornecedor C recebe uma nota 0,5 quando comparado ao Fornecedor A. Isso significa que o Fornecedor C apresentou em sua proposta, um valor total pior do que o Fornecedor A.

Como pode se observar na Figura 8, cada fornecedor recebeu um somatório das notas recebidas por seu desempenho nos confrontos em cada critério. Esse somatório será transportado para a última planilha onde ao ser multiplicado pelo fator recebido pelo critério, originará um resultado para cada fornecedor frente a cada critério. Por fim, a soma destas resulta em um somatório capaz de indicar a melhor alternativa, apresentado na Figura 9.

| | | Fornecedor A | Fornecedor B | Fornecedor C |
|------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| Nota RFQ | ∑ Critério | 2,5 | 4 | 1 |
| | Peso Critério | 14 | 14 | 14 |
| | Resultado | 35 | 56 | 14 |
| Preço | ∑ Critério | 4 | 1 | 2,5 |
| | Peso Critério | 10 | 10 | 10 |
| | Resultado | 40 | 10 | 25 |
| Prazo | ∑ Critério | 2 | 2 | 2 |
| | Peso Critério | 4 | 4 | 4 |
| | Resultado | 8 | 8 | 8 |
| Corpo Tec. | ∑ Critério | 2,5 | 4 | 1 |
| | Peso Critério | 10 | 10 | 10 |
| | Resultado | 25 | 40 | 10 |
| Suporte | ∑ Critério | 4 | 2,5 | 1 |
| | Peso Critério | 7,5 | 7,5 | 7,5 |
| | Resultado | 30 | 18,75 | 7,5 |
| Integração | ∑ Critério | 2 | 3 | 1,5 |
| | Peso Critério | 9,5 | 9,5 | 9,5 |
| | Resultado | 19 | 28,5 | 14,25 |
| Cases | ∑ Critério | 3 | 3 | 1 |
| | Peso Critério | 7 | 7 | 7 |
| | Resultado | 21 | 21 | 7 |
| Percepção | ∑ Critério | 2,5 | 4 | 1 |
| | Peso Critério | 5,5 | 5,5 | 5,5 |
| | Resultado | 13,75 | 22 | 5,5 |
| Resultado | Pont. Final | 192 | 204 | 91 |
| | % de Indicação | 39% | 42% | 19% |
| | Colocação | 2° | 1° | 3° |

Fig. 9: Indicação do Método AHP

Neste ponto, os resultados dos confrontos aos pares de fornecedores em cada critério individualmente foram sumarizados para que indiquem a pontuação final de cada fornecedor frente a todos os critérios. A nota final de cada fornecedor, em cada critério, é mostrada na linha “∑ Critério”. Os pesos de cada critério, definidos inicialmente, são os multiplicadores destas notas recebidas, e na última linha de cada critério, é apresentado o resultado da performance de cada fornecedor.

Por fim, na janela de resultado, podemos observar a pontuação final de cada fornecedor, que é o somatório de todas as notas recebidas, e isso leva a um percentual de indicação deste fornecedor, frente as outras opções, sendo possível então classificar cada um em uma posição de preferência.

Como fica notório, o Fornecedor B, frente aos resultados apresentados, é o mais indicado, mesmo que por uma margem de apenas 3% na indicação, quando comparado ao Fornecedor A. Corroborando a escolha, pode-se observar, na Figura 10, que o Fornecedor B foi vitorioso na maioria dos critérios definidos.

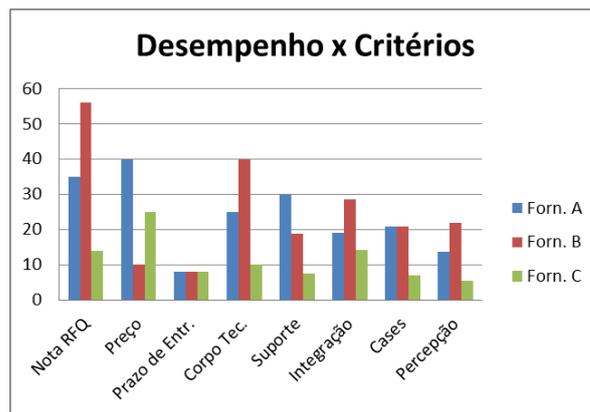


Fig. 10: Desempenho por critério

Como um uma análise adicional, pode-se ter uma comparação de em quais critérios cada fornecedor foi vencedor. Neste caso, pode-se observar que o Fornecedor A foi igual ou superior nos critérios de Preço, Casos apresentados (processos de implantação em andamento ou já concluído em outros clientes), e Suporte. Para estes critérios, pode-se tomar uma ação, por exemplo, de renegociação com o fornecedor escolhido para que ele possa melhorar nestes quesitos, fortalecendo ainda mais a proposta do fornecedor indicado pelo método.

IV. CONCLUSÃO

Por meio dos resultados obtidos, verificou-se que o AHP pode ser uma ferramenta de simples aplicação e, ao mesmo tempo, eficiente no processo decisor de seleção de fornecedores. A aplicação deste método se justifica em sua capacidade de balizar, em uma mesma análise, critérios, objetivos e subjetivos, classificando-os conforme a sua importância para o resultado esperado, de maneira especialmente simples e direta. Outro ponto importante e intrínseco ao processo é o de que o avaliador, ou a equipe de avaliação, ao aplicarem o método, é guiada a uma observação minuciosa e ratificada dos critérios e das opções de fornecimento. Isso leva a um processo de decisão muito mais robusto, pois a profundidade da avaliação é muito maior, e o risco de que alguns pontos passem despercebidos, ou que pré-conceitos sejam determinantes em uma escolha, é naturalmente reduzindo, não sendo raras as ocorrências de que a indicação do método não é igual a escolha que parece óbvia. Como sugestões de trabalhos futuros sugere-se a possibilidade de ampliar o número importâncias a serem consideradas.

Na empresa onde o estudo foi aplicado, a ferramenta e este modelo de tomada de decisão já estão sendo adotados por outras áreas, onde, com pequenos ajustes, adapta-se facilmente a realidade de cada projeto. O método aplicado já traz resultados e segurança frente a tomada de decisão, principalmente por tornar claros os motivos de uma escolha pelo fornecedor A ou B.

Sendo assim, o principal resultado obtido foi a identificação da alternativa com a melhor condição de fornecimento. Dado os altos valores envolvidos no projeto, bem como sua importância dentro do planejamento estratégico da empresa para os próximos anos, o ganho obtido pela utilização do método foi notório e real.

V. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade de Caxias do Sul (UCS), o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial pelo comprometimento com o objetivo da especialização.

VI. BIBLIOGRAFIA

- [1] FONTAVINE, F.; CORSO, L.; ZEILMANN, R.; BIASIN, R. Aplicação do Método de Análise Multicriterial AHP como Ferramenta de Apoio a Tomada de Decisão. *Revista Espacios*, n. 19, p. 6, 2017.
- [2] AISSAOUI, N.; HAOUARI, M.; HASSINI, E. Supplier selection and order lot sizing modeling: A review. *Computers & Operations Research*, n. 34, p. 53-61, 2007.
- [3] BERTAHONE, P.; BRANDALISE, N. Uso do método Analytic Hierarchy Process (AHP) para escolha de fornecedor de farinha de trigo: Um estudo de caso. *Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, 2017.
- [4] MENDES, J. V.; ESCRIVÃO FILHO, E. Sistemas integrados de gestão ERP em pequenas empresas: um confronto entre o referencial teórico e a prática empresarial. *Gestão & Produção*, n. 9, p. 277-296, 2002.
- [5] BHUSHAN, N.; RAI, K. *Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process*. New York: Springer, 2004.
- [6] PMI. *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide)*, Project Management Institute, 4th ed., Newton Square, PA, 2008.
- [7] WERNKE, R.; BORNIA, A. A contabilidade gerencial e os métodos multicritérios. *Revista Contabilidade & Finanças*, n. 12, p. 60-71, 2001.
- [8] 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. Madrid: Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics, 2008.
- [9] SILVA, D.; DANI, A.; KROENKE, A.; HEIN, N. Aplicação do método AHP no processo de seleção de fornecedores em uma empresa de Santa Catarina. *Anais do XLVIII SBPO Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional Vitória*, 2016.
- [10] LIMA JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, L. C. R. Uma comparação entre os métodos TOPSIS e fuzzy-TOPSIS no apoio à tomada de decisão multicritério para seleção de fornecedores. *Gestão & Produção*, n. 1, p. 17-34, 2015.
- [11] BASWARAJ A.; RAO, M. S.; PAWARC P. J. Application of AHP for process parameter selection and consistency verification in secondary steel manufacturing. *Materials Today: proceedings*. v. 5, p. 27166-27170 – 2018.
- [12] GENG, Z.; LI, H.; Zhu Q.; Han Y.. Production prediction and energy-saving model based on Extreme Learning Machine integrated ISM-AHP: Application in complex chemical processes. *Energy*, v. 160, p. 898-909, 2018.