

SELEÇÃO DE FORNECEDORES PARA UM ESTALEIRO BRASILEIRO UTILIZANDO A METODOLOGIA ELECTRE III

Thomas Edson Espíndola Gonçalves

Universidade Federal de Pernambuco

Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife – PE

thomasgoncalo@yahoo.com.br

Luciana Hazin de Alencar

Universidade Federal de Pernambuco

Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife – PE

alencarlh@gmail.com

RESUMO

A indústria naval brasileira voltou a ter investimentos devido ao fortalecimento do setor petrolífero brasileiro. Um dos destaques dessa retomada é o estaleiro situado no Porto de Suape, região de grande crescimento no Estado de Pernambuco. Empreendimentos desse porte, em geral, envolvem grande número de fornecedores, justificando atenção ao processo de seleção destes. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia multicritério de apoio à decisão para selecionar fornecedores de placas de aço naval. Esse material recebe bastante atenção devido à discrepância nos preços praticados pelos fornecedores brasileiros e fornecedores estrangeiros. O problema de seleção de fornecedores foi estruturado e realizou-se uma aplicação numérica do processo de seleção de fornecedores foi apresentado utilizando-se o método ELECTRE III. Espera-se que um processo de seleção mais adequado possa facilitar a atuação do estaleiro e possibilitar uma análise mais completa destes fornecedores.

PALAVRAS-CHAVE. Indústria Naval, Seleção de fornecedores, ELECTRE III.

Área principal: Sistemas de apoio à tomada de decisão multicritério

ABSTRACT

The Brazilian shipbuilding industry has returned to get investments due to the strengthening of Brazilian oil sector. One of the prominence of this recovery is the site located in Suape, high-growth region in the state of Pernambuco. Enterprise of this size usually involve a large number of suppliers, justifying attention to the selection process. The purpose of this study is to present a multicriteria decision aid methodology to select suppliers of shipbuilding steel plate. This material receives considerable attention due to the discrepancy of prices between brazilian and foreign suppliers. The supplier selection problem was structured and a numerical application of the supplier selectin methodology was performed based on ELECTRE III method. In this sense, it is expected that a most appropriated mechanism for supplier selection facilitates the work of the shipyard and provides a more thorough analysis of those suppliers.

KEYWORDS. Shipbuilding industry. Supplier selection. ELECTRE III.

Main area (inform by priority the área of the article because JEMS system makes the classification alfabeticaly)

1. Introdução

A região do Porto de Suape, situada a cerca de 40km da cidade do Recife, estado de Pernambuco, vem recebendo grandes investimentos nos últimos anos. Situado em posição estratégica, o Porto atrai cada vez mais empresas, inclusive estaleiros, que demandam fornecedores confiáveis para produção. Dessa forma, um adequado mecanismo de seleção de fornecedores pode facilitar a atuação do estaleiro e possibilitar uma análise mais completa destes fornecedores. Na indústria naval brasileira, um bom relacionamento com os fornecedores pode trazer vantagens competitivas para os estaleiros, facilitando inclusive a concorrência destes no mercado internacional.

Por muitas décadas o Brasil foi um país de destaque, no que tange à indústria naval, tendo seu apogeu na década de 70. Devido à falta de investimentos, esse setor teve seu impacto nacional e internacional enfraquecido, ficando restrito a poucos empreendimentos. Nos últimos anos, entretanto, os investimentos no setor aumentaram ocasionando a reanimação da indústria naval brasileira. Esse desenvolvimento foi impulsionado pela descoberta do Pré-Sal e pela conseqüente demanda de navios petroleiros, gaseiros, barcos de apoio e plataformas para a Petrobrás, Transpetro e empresas privadas atuantes no ramo do petróleo. Além disso, os estaleiros de outros países apresentam filas de espera, devido à atual demanda por embarcações.

O setor naval apresenta importância estratégica para o desenvolvimento de um país, graças à utilização intensiva de mão-de-obra e a necessidade de tecnologia e capacitação para os envolvidos. Segundo dados do SINAVAL (2010), o setor gerou, em 2009, 46mil empregos diretos que devem chegar a 60mil em 2014. Além disso, necessita-se de uma grande cadeia de fornecedores de insumos e equipamentos para atender a demanda desses empreendimentos.

Quanto ao processo de produção naval, Jinsong, Xiaofeng e Ye (2009) apontam as etapas de produção de um estaleiro como: pré-processamento, fabricação, montagem, pré-construção e construção de blocos, onde peças pré-montadas são incorporadas ao navio ou plataforma em construção através do uso de guindastes. Kim et al (2002) apontam as características que diferenciam o processo de manufatura na indústria naval de outros setores:

- Dificuldade de padronização;
- Possibilidade de se iniciar o processo de manufatura e de *procurement* antes mesmo do final da fase de design do produto;
- Uso intensivo de força de trabalho;
- Uso de materiais pesados e grandes, mas com estruturas complexas a serem montadas;
- Produtos de diferentes especificações podem ser construídos ao mesmo tempo.

Quanto ao gerenciamento da cadeia de suprimentos, observa-se um incremento da competição, que não se dá mais entre empresas, mas sim entre cadeias de suprimento. Nesse sentido, o relacionamento entre as empresas e seus fornecedores ganha cada vez mais importância, com o caráter de parceria necessário à cadeia de suprimentos. Assim, os critérios envolvidos no processo de seleção e a maneira como se selecionam esses fornecedores tem grande importância no resultado final da cadeia.

Esse ambiente competitivo aponta para a necessidade de se buscar o relacionamento com os fornecedores. Ho, Xu e Dei (2010) apontam que a gestão contemporânea da cadeia de suprimentos exige a manutenção de parcerias de longo prazo com os fornecedores, e utiliza cada vez menos e mais eficazes fornecedores. Punniyamoorthy, Mathiyalagan e Parthiban (2011), por sua vez, explicitam que a seleção de fornecedores é um dos mais importantes estágios da cadeia de suprimentos e tem impacto primordial na determinação do sucesso de qualquer cadeia, ou mesmo organização.

Um dos importantes aspectos do processo de fornecimento é a maneira como o ente seleciona seus fornecedores, tanto de matérias-primas, quanto de produtos. Assim, torna-se necessária a realização de estudos na área que possibilitem uma seleção de fornecedores adequada, que leve em consideração todos os critérios importantes e que se adéque às necessidades da empresa.

Para Vinodh, Ramiya e Gautham (2011), o problema da seleção de fornecedores é um problema de tomada de decisão multi-critério na presença de diversos critérios e sub-critérios, quantitativos ou qualitativos. Nesse ponto, diversas diferentes metodologias podem ser utilizadas para se apoiar a tomada de decisão em seleção de fornecedores.

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo estruturar uma metodologia para selecionar fornecedores em um estaleiro brasileiro utilizando a técnica ELECTRE III e demonstrar a aplicabilidade para um caso baseado na situação atual da empresa.

O trabalho está organizado da seguinte forma: na seção 2, foi discutida a temática da seleção de fornecedores presente na literatura, enfatizando as ferramentas utilizadas pelos autores para lidar com esse problema. Na seção 3 são discutidas as abordagens multicritério de apoio à decisão, bem como a técnica escolhida para tratar do problema nesse estudo. Na seção 4 é discutida uma metodologia para selecionar fornecedores no ambiente da indústria naval. Na seção 5, é desenvolvida a aplicação numérica da metodologia proposta de acordo com dados obtidos junto a um tomador de decisão. Por fim, têm-se as considerações finais, onde são enfatizadas as contribuições e limitações do trabalho, bem como a necessidade de novas pesquisas sobre o tema.

2. Seleção de fornecedores

O problema da seleção de fornecedores vem sendo fortemente debatido na literatura. A seguir são consideradas as discussões existentes, bem como as metodologias propostas para lidar com esse problema.

De acordo com Saen (2007), seleção de fornecedores é o processo no qual fornecedores são inspecionados, avaliados, e escolhidos para eventualmente tornar-se parte da cadeia de suprimentos de uma organização. Kahraman, Cebeci e Ulukan (2003) salientam que o objetivo da seleção de fornecedores é identificar os fornecedores com maior potencial de atender consistentemente as necessidades da organização com um menor custo, estando esse fornecedor adaptado à estratégia da empresa.

Ho, Xu e Dei (2010) apontam, ainda, a tendência da manutenção de relações de parcerias em longo prazo entre as empresas e os seus fornecedores e do uso de menos fornecedores mais confiáveis. Os critérios mais considerados pelos tomadores de decisão para avaliação e seleção de fornecedores, de acordo com pesquisa dos autores, em ordem de ocorrência, foram: qualidade, entrega, preço/custo, capacidade de manufatura, serviço, gestão, tecnologia, pesquisa e desenvolvimento, finanças, flexibilidade, reputação, relacionamento, risco e segurança, e meio ambiente. Fica evidente que custo/preço não é o principal critério utilizado pelas organizações quanto à avaliação e seleção de seus fornecedores. Sendo assim, as abordagens tradicionais que se utilizam de um critério, baseadas no menor custo, não são adaptadas o suficiente para o atual estágio de gestão da cadeia de suprimentos.

Agezzou e Ladet (2007) propuseram um Modelo de Programação não-linear para seleção de fornecedores e atribuição de quantidades a estes, com o objetivo de levar em consideração o transporte dos materiais para selecionar a melhor configuração de fornecimento. Chan e Chan (2010) utilizaram-se da ferramenta AHP (*Analytic Hierarchy Process*) no ambiente de uma indústria de vestuário, que leva em consideração a performance operacional no apoio às estratégias de cadeia de suprimento. Kirytopoulos, Leopoulos e Voulgaridou (2008) e Gencer e Gurpinar (2007) utilizaram a ferramenta ANP (*Analytic Network Process*) para apoiar a seleção do melhor fornecedor no ambiente do cluster de indústrias parafarmacêuticas e em uma empresa eletrônica, respectivamente. El-Sawalhi, Eaton e Rustom (2007), por sua vez, propuseram um modelo combinando méritos do AHP, Redes Neurais (NN) e Algoritmo Genético (GA). Perçin (2006) propôs um método combinado de AHP com Programação por metas preemptiva (PGP) considerando fatores quantitativos e qualitativos na seleção de fornecedores e alocação de quantidades a estes. Ting e Cho (2008) combinaram a ferramenta AHP com um modelo de programação linear com múltiplos objetivos e um conjunto de restrições de sistema. Yang et al (2008), em sua pesquisa, trataram do problema da seleção de fornecedores utilizando-se das ferramentas de *Principal Component Analysis* (PCA) e ELECTRE, para escolha de uma alternativa mais adequada, testando cinco fornecedores em relação a dez critérios.

Outros autores também realizaram pesquisas referentes ao tema. (Saen, 2010; Ramanathan, 2007; Gencer e Gurpinar, 2007; Basnet e Weintraub, 2009; Bansal, Karimi e Srinivasan, 2007; Narasimhan, Talluri e Mahapatra, 2006; Pathiban, Dominic e Dhanalakshmi, 2010).

Analisando a literatura existente observa-se a utilização de diversas metodologias para seleção de fornecedores. Dentre estes métodos, se destacam aqueles que utilizam uma abordagem multicritério para apoiar a decisão. Não foram encontrados estudos aplicados para indústria naval. Dessa forma, é justificado o interesse em avaliar a utilização desses métodos para esse fim, considerando critérios importantes no relacionamento entre o estaleiro e seus fornecedores.

3. Abordagens multi-critério para seleção de fornecedores

Segundo Vincke (1992) o apoio multicritério à decisão tem por objetivo dar ao tomador de decisão ferramentas para possibilitar-lhe avanços na solução de problemas de decisão onde diversos, muitas vezes contraditórios, pontos de vista devem ser levados em consideração. Segundo o autor, a principal contribuição dos métodos multi-critério envolve facilitar o aprendizado do tomador de decisão e o entendimento acerca do problema existente.

Roy (1996) identifica quatro diferentes problemáticas, ou categorias de problemas, que são tratados pela decisão multicritério: problemática da escolha; problemática de classificação; problemática de ordenação; e problemática da descrição. Nesse estudo, é tratada a problemática de ordenação, ou seja, desejou-se montar um *ranking* das alternativas consideradas de acordo com a estrutura de preferências do tomador de decisão. Essa ordenação será utilizada para selecionar os fornecedores mais adequados, de acordo com a necessidade da empresa.

Vincke (1992) aponta a existência de três famílias de métodos de apoio multicritério à decisão. A primeira família, de inspiração americana, consiste na agregação de diferentes pontos de vista em uma única função. Os métodos desta família são caracterizados pelo caráter compensatório de sua análise. Podemos citar as ferramentas MAUT (*Multi-attribute Utility Theory*) e SMART (*Simple Multi-attribute Rating Technique*) como membros dessa família. A segunda família, de inspiração francesa, tem por objetivo inicial construir uma relação de sobreclassificação que representa as preferências estabelecidas pelo tomador de decisão e posteriormente as utiliza para apoio à tomada de decisão. Destaca-se o caráter não-compensatório desses métodos. Como exemplos, podemos citar as famílias ELECTRE (*Elimination Et Choix Traduisant La Réalité*) e PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*). A terceira família alterna passos de cálculo (estabelecendo sucessivas soluções de compromisso) e passos de diálogo (fontes de informações extras acerca da preferência do tomador de decisão).

Para esse estudo foi selecionado o método ELECTRE III, pertencente a família ELECTRE de métodos multicritério de apoio à decisão. Quanto às especificidades dos métodos, Vincke (1992) ressalta que os métodos ELECTRE I e II, em suas versões iniciais, tratam de problemas que envolvem critérios verdadeiros. O ELECTRE III, por sua vez, leva em consideração, explicitamente, limiares de preferência e de indiferença. Esse método foi escolhido por fornecer uma ordenação das alternativas, o que é condizente com o caráter de *multiple sourcing* inerente ao processo de seleção de fornecedores na empresa em estudo; por incluir análise de limiares de indiferença e de preferência, que levam em consideração a hesitação do tomador de decisão em avaliar quando atividades são indiferentes ou preferidas; e pelo caráter não-compensatório do processo de decisão.

- ELECTRE III

No Electre III, inicialmente, são utilizados índices de concordância e discordância para construção da relação de sobreclassificação que, por sua vez, é baseada no Grau de Sobreclassificação $S(a,b)$. Esse valor é associado a cada par (a,b) de ações, representando uma maior ou menos credibilidade da sobreclassificação de a sobre b .

O índice de concordância, calculado para cada par de alternativas (a,b) , é dado, segundo Vincke (1992), por:

$$C(a, b) = 1/W \sum_{j=1}^n w_j c_j(a, b) \quad \text{onde} \quad W = \sum_{j=1}^n w_j$$

Onde w_j representa o peso associado a cada pseudo-critério g_j . E onde:

$$C_j(a, b) = \begin{cases} 1 & \text{se } g_j(a) + q_j(g_j(a)) \geq g_j(b), \\ 0 & \text{se } g_j(a) + p_j(g_j(a)) \leq g_j(b), \\ \text{transformação linear entre 0 e 1.} \end{cases}$$

Onde q_j e p_j denotam os limiares de indiferença e de preferência, respectivamente.

De acordo com Vincke (1992), a definição do índice de discordância requer a introdução de um limiar de veto $v_j(g_j(a))$ para cada critério j de maneira que qualquer credibilidade para a sobreclassificação de b por a é recusado se:

$$g_j(b) \geq g_j(a) + v_j(g_j(a))$$

O índice de discordância para cada critério, por sua vez, é definido por:

$$D_j(a, b) = \begin{cases} 0 & \text{se } g_j(b) \leq g_j(a) + p_j(g_j(a)), \\ 1 & \text{se } g_j(b) \geq g_j(a) + v_j(g_j(a)), \\ \text{transformação linear entre 0 e 1} \end{cases}$$

Finalmente, o grau de sobreclassificação é definido por:

$$S(a, b) = \begin{cases} C(a, b) & \text{se } D_j(a, b) \leq C(a, b), \forall j, \\ C(a, b) \prod_{j \in J(a, b)} \frac{1 - D_j(a, b)}{1 - C(a, b)}. \end{cases}$$

Onde $J(a, b)$ é o conjunto de critério no qual $D_j(a, b) > C(a, b)$. O grau de sobreclassificação é igual ao índice de concordância quando nenhum critério é discordante; de maneira oposta, o índice de concordância é reduzido em função da importância das discordâncias.

Uma vez obtido o grau de sobreclassificação, parte-se para a segunda etapa, que envolve a obtenção de duas pré-ordens completas. Para tal, é utilizado o conceito de λ – preferência, relacionado a existência de maior argumento de que a alternativa “a” sobreclassifica a alternativa “b”, do que a alternativa “c” sobreclassifica a alternativa “d”. Dessa forma se $S(a, b) = \lambda$, então se conclui que o argumento em favor de “a” sobreclassificar “b” é mais forte do que “c” sobreclassificar “d”, se $S(c, d) \leq \lambda - s$, onde $s = 0,3 - 0,15\lambda$. Aplicam-se, então, os procedimentos de destilação crescente e decrescente. A seguir têm-se a caracterização do problema avaliado.

4. Metodologia para seleção de fornecedores

A seleção de fornecedores representa uma importante decisão no âmbito da gestão da cadeia de suprimentos, tendo impacto direto no desempenho das cadeias. Dado o atual contexto de competição e a necessidade de se manter relacionamento com os fornecedores, outros critérios, além do custo envolvido, devem ser levados em consideração. Para tanto, foi proposta uma metodologia para lidar com esta questão, levando-se em consideração as características do setor em estudo.

A primeira etapa da metodologia envolve a determinação do produto ou classe de produtos para os quais é necessária a análise. Nesse sentido, podem-se utilizar métodos de

classificação de produtos, tais quais a matriz de Kraljic, citada em Caniels e Gelderman (2005), que classifica os produtos em: produtos de alavancagem, produtos estratégicos, produtos de rotina ou produto de gargalo, de acordo com a importância destes para o sistema. As demais etapas da metodologia estão expostas na Figura 1.

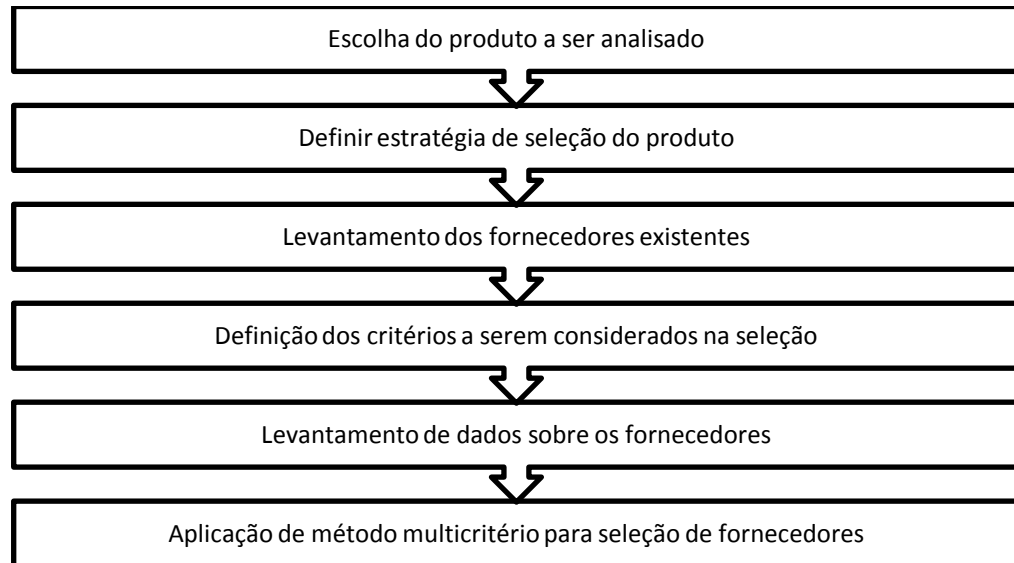


Figura 1 – Etapas do processo de seleção de fornecedores

Conforme exposto na Figura 1, o segundo passo a ser dado na metodologia envolve a definição da estratégia da empresa quanto ao fornecimento daquele produto, envolvendo decisões referentes ao relacionamento desejado com esse fornecedor, se será adotada uma estratégia de múltiplas, ou única, fontes de fornecimento, dentre outras decisões.

Em seguida, devem ser levantados os fornecedores existentes do produto em análise, bem como as informações que serão utilizadas no processo de seleção. Em seguida deve-se definir quais os critérios que devem ser levados em consideração ao se selecionar um fornecedor. Devem ser levantados os dados acerca desses fornecedores quanto aos critérios considerados. Por fim, têm-se a aplicação de método multicritério para apoiar a tomada de decisão nesse tema.

A seguir tem-se a caracterização do modelo de seleção de fornecedores do estaleiro atualmente e a aplicação da metodologia discutida nessa seção.

5. Aplicação do modelo para seleção de fornecedores do Estaleiro

A empresa em estudo constitui um marco para a retomada da indústria naval do Brasil, com capacidade de processar 160 mil toneladas de aço por ano, segundo o site da própria empresa. Para tanto, foram investidos cerca de R\$ 1,8 bilhão na sua implantação. O estaleiro pode produzir todos os tipos de navios cargueiros de até 500 mil toneladas de porte bruto, além de plataformas de *offshore*.

A tecnologia e o porte dos equipamentos utilizados pelo estaleiro colocam-no no seleto grupo dos estaleiros de quarta geração, junto com os estaleiros asiáticos, considerados grandes expoentes da construção naval mundial. A localização do estaleiro também é privilegiada, devido a sua proximidade em relação a regiões produtoras de petróleo e gás, e fornecedores.

A seguir será discutido como é realizada a seleção de fornecedores pelo estaleiro, como será estruturado o modelo de seleção de fornecedores, bem como a aplicação do mesmo.

5.1. Processo de seleção de fornecedores da empresa

Inicialmente será discutido como ocorre, atualmente, o processo de seleção de fornecedores para o estaleiro. A empresa possui aproximadamente 1.500 fornecedores, sendo 1.200 de serviços e 300 de materiais e equipamentos, no Brasil e no exterior.

O estaleiro busca fornecedores em diversas fontes, inclusive o Catálogo Navipeças, portal on-line onde as empresas podem ter acesso aos fornecedores existentes, de acordo com o serviço ou bem a ser comprado. Inicialmente, as empresas que desejem fornecer materiais ou serviços para o Estaleiro devem se cadastrar junto ao mesmo e fornecer as informações exigidas para tal. É realizada uma cotação entre três ou mais empresas que atendam aos requisitos e tenham capacidade de execução dos serviços ou fornecimento de materiais.

Os critérios considerados pela empresa no seu processo atual de seleção de fornecedores são: qualidade, preço e prazo de entrega. No que se refere ao critério de qualidade, a empresa avalia a ocorrência de falhas nos produtos através de Controle de Qualidade. Salienta-se que a maneira como essa seleção é realizada não é adequada, não levando em consideração outros critérios importantes.

Dada a forte demanda da empresa por fornecedores e a conseqüente necessidade de selecionar os melhores de acordo com a preferência do decisor, torna-se necessário um mecanismo de seleção de fornecedores que leve em consideração os critérios necessários.

5.2. Estruturação e aplicação do processo de seleção de fornecedores

A seguir têm-se a aplicação numérica da metodologia proposta na seção 4 deste artigo para o caso de um estaleiro situado no Porto de Suape – PE. O método escolhido para se obter a os fornecedores mais adequados, de acordo com a estrutura de preferências do tomador de decisão, foi a ferramenta ELECTRE III.

- Escolha do produto a ser analisado

Neste trabalho será tratado o processo de seleção de fornecedores de chapas de aço naval. Esse material foi destacado pelo Gerente de Suprimento e selecionado para esse estudo devido a seu uso intensivo e sua importância para o processo. Utilizando a matriz de Kraljic, podemos classificar esse produto como estratégico, dado seu alto impacto financeiro e a dependência de fornecedores nacionais, fato que vem ocasionando mudanças no planejamento do Governo para o setor. A priori, visando o fortalecimento da indústria brasileira, deveriam ser utilizados materiais nacionais na construção das embarcações e plataformas. Mas, devido ao fato dos preços cobrados pelos fornecedores nacionais serem maiores, se comparado aos preços de fornecedores de outros países, está sendo discutida a utilização destes últimos. É válido resaltar que outros critérios além do custo devem ser considerados no processo de seleção de fornecedores.

- Definição da estratégia de seleção do produto

Como discutido na seção anterior, deve ser adotada uma estratégia de múltiplas fontes de fornecimento para o produto em análise. Destaca-se, ainda, a necessidade de se manter relacionamento com esses fornecedores devido à importância estratégica do material, bem como seu impacto no resultado financeiro da empresa.

- Levantamento dos fornecedores existentes

No que se refere a suprimentos, a empresa adota uma política de exigir que todos os fornecedores sejam cadastrados junto a ela. Essa medida pode ser combinada com a verificação da adequação dessas alternativas a requisitos mínimos impostos pelo estaleiro para que esse fornecedor esteja apto a manter relacionamento.

A empresa em estudo, por questões de sigilo de informações, não disponibilizou quais são os seus fornecedores de aço naval. Assim, para essa aplicação, foram considerados os fornecedores nacionais que possuem ou estão implantando linha de produção desse material, e fornecedores de países de destaque no ramo.

Dessa forma, a empresa deseja selecionar três fornecedores desse material, dentre oito candidatos pré-selecionados. Desses oito, três são situados no Brasil e cinco deles são internacionais. Os fornecedores serão responsáveis pelo fornecimento das placas de aço naval, que são utilizadas no dia-a-dia do estaleiro.

- Definição dos critérios a serem considerados na seleção

Os critérios considerados na avaliação estão expressos na Tabela 1, bem como suas descrições; a forma de avaliação que será utilizada, se objetiva ou subjetiva; e o objetivo que se deseja obter para aquele critério, se minimizar ou maximizar. Foram acrescentados mais três critérios, relacionados à necessidade de se manter uma relação de parceria com os fornecedores, àqueles já considerados pela empresa no seu processo de seleção de fornecedores atual.

Critérios	Descrição	Forma de avaliação	Objetivo
Custo C_1	Custo por tonelada de chapa de aço naval.	objetiva	Min
Qualidade do produto C_2	Avaliação do atendimento às especificações do produto fornecido.	subjetiva	Max
Prazo de entrega C_3	Refere-se ao prazo de entrega do produto a partir da solicitação de compra pelo estaleiro.	objetiva	Min
Capacidade de manufatura C_4	Refere-se à quantidade de material que pode ser produzida na linha de produção do fornecedor para atender ao estaleiro.	objetiva	Max
Nível de serviço C_5	Envolve a avaliação da facilidade de comunicação e pós-venda.	subjetiva	Max
Reputação da empresa C_6	Envolve a avaliação da reputação da empresa no mercado do produto.	subjetiva	Max

Tabela 1 – Critérios de seleção de fornecedores

Para os critérios de qualidade, nível de serviço e reputação do fornecedor, que exige uma avaliação subjetiva, será utilizada uma escala nominal de cinco pontos, composta por Muito baixo (MB), Baixo (B), Médio (M), Alto (A) e Muito Alto (MA), onde uma graduação mais alta indica maior preferência. Essa avaliação será traduzida para uma escala ordinal numérica, conforme Figura 2.

Escala subjetiva	MB	B	M	A	MA
Escala numérica	1	2	3	4	5

Tabela 2 – Escala subjetiva de avaliação e respectivos valores numéricos

- Levantamento de dados sobre esses fornecedores

Os dados utilizados nessa aplicação foram estimados utilizando como parâmetros informações correntes em meios de comunicação relacionados ao mercado do aço e à indústria naval. Os custos dos materiais fornecidos pelos fornecedores estrangeiros foram obtidos a partir daqueles praticados por fornecedor nacional que chegam a ser 60% mais caros. O prazo de entrega dos produtos foi avaliado de acordo com os tempos necessários para se produzir e transportar os materiais, tanto para a indústria nacional, quanto para a internacional. Para essa última, foram considerados os tempos de transporte através de via marítima.

- Aplicação de método multicritério para seleção de fornecedores

Como definido anteriormente, serão considerados cinco possíveis fornecedores, situados no Brasil e no exterior. Os fornecedores F1, F2 e F3 são empresas brasileiras, sendo o primeiro o maior produtor nacional de aço naval. Os demais fornecedores estão situados em países de destaque na produção de aço e na indústria naval. Assim, foram considerados fornecedores da China, da Coreia do Sul, da Ucrânia e dos Estados Unidos.

Na Tabela 3 têm-se informações acerca dos fornecedores quanto aos critérios já

discutidos, bem como a avaliação qualitativa destes, pelo tomador de decisão.

Forn.	Custo (US\$/t)	Prazo entrega (dias)	Capac. de entrega (mil t/ano)	Qualidade	Nível serviço	Reputação
F1	1.200	15	4000	5	5	5
F2	1.100	19	2000	4	4	3
F3	1.050	16	1900	4	5	3
F4	800	75	1000	5	2	4
F5	700	72	900	2	2	2
F6	860	50	800	4	2	3
F7	900	45	1100	3	3	4
F8	650	75	800	1	1	2

Tabela 3 – Tabela avaliação dos fornecedores de chapas de aço naval para indústria

Foram utilizadas escalas ordinais para alguns critérios e cardinais para outros devido às diferenças existentes entre os critérios, quanto à sua facilidade de mensuração. O critério “reputação”, por exemplo, não é facilmente quantificado. A utilização de diferentes escalas não causou problemas na análise devido ao caráter não-compensatório da ferramenta escolhida. Salienta-se que a determinação de limiares e pesos levou em consideração essa diferença entre escalas, de acordo com a preferência do tomador de decisão.

Para aplicação do ELECTRE III, foram determinados os pesos w_i , limiares de preferência (p_i) indiferença (q_i) e veto (v_i) utilizados no modelo, para cada critério, de acordo com a tabela 4. Os pesos foram estabelecidos utilizando atribuição direta, ou seja, o tomador de decisão foi cientificado do significado dos pesos, sendo estes atribuídos numa escala de razão. Assim, sabendo-se quantas vezes um critério é mais importante que outro, o tomador de decisão pôde realizar a atribuição. Os limiares, por sua vez, são utilizados para levar em consideração a hesitação do decisor em concluir a preferência, indiferença ou veto dentre as alternativas, em relação aos critérios em análise.

Os pesos, explicitados na Tabela 3, representam a importância relativa dos critérios. Os critérios de nível e de reputação foram avaliados como duas vezes mais importantes do que o critério de capacidade. O critério de prazo, importante estrategicamente para a empresa, por sua vez, é duas vezes mais importantes do que os citados anteriormente. A qualidade do produto apresenta forte importância, dada a necessidade de alto desempenho do material para os produtos produzidos. Assim, esse critério possui duas vezes mais importância do que o prazo de entrega. O critério de custo foi avaliado como mais importante do que os demais, sendo duas vezes melhor avaliado do que o critério de qualidade. Os demais valores, também considerados na metodologia ELECTRE III, têm seus pesos relativos expressos na tabela.

	w_i	q_i	p_i	v_i
c_1 (Custo)	16	50	100	-
c_2 (Qualidade)	8	0	2	3
c_3 (Prazo)	4	5	10	60
c_4 (Capacidade)	1	200	500	-
c_5 (Nível de serviço)	2	1	2	-
c_6 (Reputação)	2	1	2	-

Tabela 4 – Pesos e limiares dos critérios, de acordo com avaliação de tomador de decisão

Aplicou-se a metodologia ELECTRE III para obter uma ordenação das alternativas. Essa ordenação será utilizada para se selecionar fornecedores mais adequados para a empresa em estudo, de acordo com sua estratégia de buscar múltiplos fornecedores. Esses fornecedores serão ordenados de acordo com seus desempenhos em relação às preferências do tomador de decisão.

Foram obtidas, então, as matrizes de índices de concordância geral $C(a,b)$ e os índices de credibilidade $S(a,b)$. Assim, foi possível realizar os processos de destilação crescente e decrescente, sendo obtidas duas pré-ordens, representadas na Figura 2.

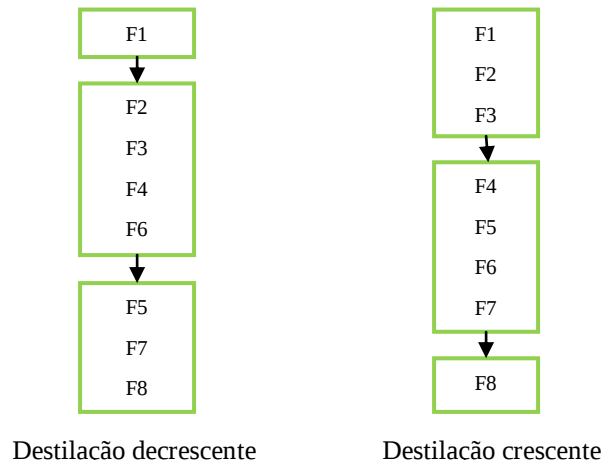


Figura 2 – Destilação crescente e decrescente

Prosseguindo com a metodologia, foi construída a pré-ordem final com a ordenação das alternativas de acordo com seu desempenho. Dessa forma, teremos o seguinte *ranking* das alternativas, bem como sua representação na Figura 3:

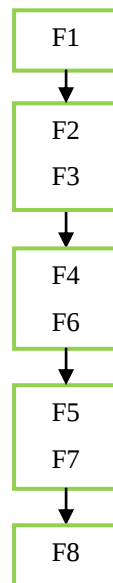


Figura 3 – Ordenação final dos fornecedores

Dessa forma, de acordo com as preferências do Gerente de Suprimentos do estaleiro, o fornecedor F1 apresenta o melhor desempenho nos critérios avaliados. Os fornecedores F2 e F3 situam-se na segunda posição, estando os fornecedores F4 e F6 logo em seguida. Os demais fornecedores considerados tem suas ordens definidas, também na Tabela.

Ao se analisar o desempenho das alternativas quanto aos critérios, os fornecedores nacionais são melhores, ou pelo menos iguais na preferência do tomador de decisão em relação aos demais concorrentes nos critérios de qualidade, prazo de entrega, capacidade de entrega e

nível de serviço. São inferiores aos fornecedores estrangeiros, portanto, nos critérios de custo e reputação.

Por fim, deve-se realizar análise de sensibilidade do modelo, de maneira a se avaliar a robustez do mesmo em relação a variações nos principais parâmetros utilizados. Nesse sentido, mesmo se variarmos o peso atribuído ao custo em $\pm 30\%$, alterando proporcionalmente os pesos dos demais critérios, os fornecedores F1, F2 e F3 continuarão entre as alternativas com melhor desempenho. Aumentando em 30% o peso do critério de custo, os fornecedores F4 e F6 se juntariam aos fornecedores F2 e F3 na segunda colocação na ordenação. Assim, para que um fornecedor estrangeiro obtenha melhor desempenho do que um nacional, em relação à estrutura de preferências do tomador de decisão, deve haver uma melhoria considerável no seu desempenho em todos os critérios, para que a sua melhor situação de custo traga resultados nessa análise utilizando o método de sobreclassificação.

6. Considerações finais

O setor da indústria naval vem recebendo cada vez mais incentivos para crescer. Investimentos em novos empreendimentos, em locais onde antes essa indústria não tinha participação, como na região do Porto de Suape, demandam atenção a aspectos importantes para o sucesso dos negócios. Um desses aspectos refere-se à seleção de fornecedores. Nesse artigo foi discutida a importância desse tema para as empresas modernas e estruturada uma metodologia para seleção de fornecedores de um importante material utilizado no dia-a-dia do estaleiro: chapas de aço naval.

O fornecimento desse material vem recebendo grande atenção nos últimos tempos devido à grande diferença existente nos preços praticados pela indústria nacional e por fornecedores no estrangeiro. Essa situação fez com que o governo, através da Transpetro, cogite a consideração desses fornecedores que praticam um preço mais competitivo. Entretanto, num ambiente de extrema competição, não só o custo do produto deve ser levado em consideração numa análise de seleção de fornecedores. Diversos importantes critérios foram considerados na análise desenvolvida nesse artigo. Foram avaliados fornecedores, nacionais e internacionais, e, mesmo com uma configuração de preços mais alta, os fornecedores brasileiros ainda são a melhor opção para o fornecimento de placas de aço para o estaleiro em questão, de acordo com as preferências de um tomador de decisão.

De posse desses resultados, pode-se trabalhar em duas frentes: negociar e melhorar o preço da indústria brasileira, que é do interesse do governo; e buscar melhorar o relacionamento com os fornecedores estrangeiros, de maneira a se melhorar o desempenho destes.

A aplicação desenvolvida nesse estudo não deve ser generalizada, sendo adequada à seleção de fornecedores deste produto em questão, de acordo com a modelagem do problema realizada

Observa-se, também, que são necessários novos estudos acerca do processo de seleção de fornecedores para a indústria naval, que levem em consideração dados reais, que sejam adequados para outros produtos de importância estratégica para a empresa.

Referências

- AGUEZZOU, A.; LADET, P. (2007) A nonlinear multiobjective approach for the supplier selection, integrating transportation policies. *Journal of Modelling in Management*, V. 2 No. 2, p. 157-169.
- BANSAL, M.; KARIMI, I. A.; SRINIVASAN, R. (2007) Optimal Contract Selection for the Global Supply and Distribution of Raw Materials. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, V. 46, nº. 20, p.6522-6539.
- BASNET, C.; WEINTRAUB, A. (2009) A genetic algorithm for a bicriteria supplier selection problem. *International Transactions in Operational Research*, V. 16, p. 173-187.
- CANIELS, M.C.J.; GELDERMAN, C. J. Purchasing strategies in the Kraljic matrix—A power and dependence perspective. *Journal of Purchasing and Supply Management*, V. 11, p. 141-155.

- CHAN, F. T. S.; CHAN, H. K.** (2010) An AHP model for selection of suppliers in the fast changing fashion market. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, V.51, p.195–1207.
- EL-SAWALHI, N.; EATON, D.; RUSTOM, R.** (2007) Contractor pre-qualification model: State-of-the-art. *International Journal of Project Management*, v.25, p.465–474.
- HO, W.; XU, X.; DEY, P. K.** (2010) Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: a literature review. *European Journal of Operational Research*. Vol. 202, Issue 1, p.16-24.
- JINSONG, B.; XIAOFENG, H.; YE, J.** (2009) A genetic algorithm for minimizing makespan of block erection in shipbuilding *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 20, n. 4, p. 500-512.
- KAHRAMAN, C.; CEBECI, U.; ULUKAN, Z.** (2003) Multi-criteria supplier selection using Fuzzy AHP. *Logistics Information Management*, V. 16, No. 6, p. 382-394.
- KIM, H. et al.** (2002) Applying digital manufacturing technology to ship production and the maritime environment. *Integrated Manufacturing Systems*, v. 15, n. 5, p. 295-305.
- KIRYTOPOULOS, K.; LEPOULOS, V.; VOULGARIDOU, D.** (2008) Supplier selection in pharmaceutical industry: An analytic network process approach. *Benchmarking: An International Journal*, V. 15, n°. 4, p. 494-516.
- NARASIMHAN, R.; TALLURI, S.; MAHAPATRA, S.K.** (2006) Multiproduct, Multicriteria Model for Supplier Selection with Product Life-Cycle Considerations. *Decision Sciences*, V. 37, n° 4, p.577-603.
- PARTHIBAN, P.; DOMINIC, P. D. D.; DHANALAKSHMI, R.** (2010) A Simulated Annealing Approach to Solve Fuzzy Multi-Objective Linear Model for Supplier Selection in a Supply Chain. *Information Technology (ITSim)*, p.1-6.
- PERÇIN, S.** (2006) An application of the integrated AHP-PGP model in supplier selection. *Measuring business excellence*, V. 10, n° 4, p. 34-49.
- PUNNIYAMOORTHY, M.; MATHIYALAGAN, P.; PARTHIBAN, P.** (2011) A strategic model using structural equation modeling and fuzzy logic in supplier selection. *Expert Systems with Applications*, V.38, p.458–474.
- RAMANATHAN, R.** (2007) Supplier selection problem: integrating DEA with the approaches of total cost of ownership and AHP. *Supply Chain Management: An International Journal*, V.12, No.4, p. 258–261.
- ROY, B.** *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. (1996) Kluwer Academic Publishers.
- SAEN, R.F.** (2007) A new mathematical approach for suppliers selection: accounting for non-homogeneity is important. *Applied Mathematics and Computation*, V.185, p. 84–95.
- SAEN, R.F.** (2010) Developing a new data envelopment analysis methodology for supplier selection in the presence of both undesirable outputs and imprecise data. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, V. 51, p. 1243-1250.
- SINAVAL, Sindicato Nacional da Indústria da Construção e Reparação Naval e Offshore.** *Cenário 2010 – 1º trimestre*. Disponível em: <www.sinaval.org.br/docs/SINAVAL-Cenario2010-1Trimestre>
- TING, S.; CHO, D.I.** (2008) An integrated approach for supplier selection and purchasing decisions. *Supply Chain Management: An International Journal*, V.13, n°2, p.116–127.
- VINCKE, P.** (1992) *Multicriteria decision-aid*. John Wiley & Sons.
- VINODH, S.; RAMIYA, R.A; GAUTHAM, S. G.** (2011) Application of fuzzy analytic network process for supplier selection in a manufacturing organization. *Expert Systems with Applications*, V.38, p.272–280.
- YANG, Z. et al.** (2008) An Applied Study on the Method for Supplier Selection with PCA and ELECTRE. *Service Operations and Logistics, and Informatics*, p. 2151 -2156.