



Rem: Revista Escola de Minas

ISSN: 0370-4467

editor@rem.com.br

Escola de Minas

Brasil

Vieira da Silva, Washington Luís; Alves da Silva Santos, Zirlene; Silva, André Luis; Rodrigues da Costa, Adilson

Desenvolvimento de modelo de seleção de materiais metálicos aplicando uma abordagem logística - o caso de empresas do setor minerometalúrgico

Rem: Revista Escola de Minas, vol. 65, núm. 2, abril-junio, 2012, pp. 225-231

Escola de Minas

Ouro Preto, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56422800011>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Desenvolvimento de modelo de seleção de materiais metálicos aplicando uma abordagem logística - o caso de empresas do setor minerometalúrgico

Development of a metallic material selection model by applying a logistic approach - the case of a company in the mining metallurgist sector

Washington Luís Vieira da Silva

Professor do Departamento de
Engenharia de Produção e Doutorando
UFOP - Escola de Minas
Departamento de Engenharia de Produção
wlvsilva@hotmail.com

Zirlene Alves da Silva Santos

Professora do Departamento de
Engenharia de Produção e Doutoranda
UFOP - Escola de Minas
Departamento de Engenharia de Produção
zassantos@gmail.com

André Luis Silva

Professor do Departamento de
Engenharia de Produção e Doutorando
UFOP - Escola de Minas
Departamento de Engenharia de Produção
andreluismg@gmail.com

Adilson Rodrigues da Costa

Professor do Departamento de
Engenharia Metalúrgica e de Materiais e
Orientador de Doutorado.
UFOP - Escola de Minas
Departamento de Engenharia
Metalúrgica e de Materiais
adilson@em.ufop.br

Resumo

A logística, ao longo do tempo, tornou-se processo determinante para a sobrevivência das empresas em função dos seus aspectos. Os aspectos logísticos são responsáveis pelo fluxo de materiais e de informações, desde o fornecedor até o consumidor, e impactam, diretamente, no desempenho das empresas, bem como no custo dos produtos e serviços que oferecem. Isso é razão suficiente para sugerir a adição dos aspectos logísticos nas ferramentas de análise e seleção de materiais. Esse estudo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um modelo de seleção de materiais metálicos que considera os aspectos logísticos no processo de decisão. Para isso, utilizou-se uma adaptação da rede PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), relacionando-se indicadores da variável seleção de materiais com os da variável logística. Implementamos o nosso modelo e apresentamos a especialistas de empresas do setor minerometalúrgico com fins de validação. Esses relataram que não possuem sistema gerencial que realize processo de seleção utilizando informações do material com informações logísticas. Assim, consideraram o modelo proposto um importante instrumento de tomada de decisão gerencial.

Palavras-chave: Seleção de materiais, logística, setor minerometalúrgico.

Abstract

*Logistics has become a decisive process for the survival of companies. Logistic aspects are responsible for the flow of materials and information from the supplier to the consumer, and have a direct impact on the performance of companies, as well as on the costs of the products and services they offer. This is enough to justify the addition of logistic aspects as tools for analysis and material selection. This work aims at presenting the development of a model for the selection of metallic material, which considers the logistic aspects on the decision process. For this reason, we have used an adaptation of the PERT net (*Program Evaluation and Review Technique*), relating indicators of variables from material selection with those from logistics. For the purpose of validation, we then implemented the model and presented it to experts of the mining-metallurgical sector. These experts had previously reported a lack of*

management systems that support the selection process relating to material and logistic information. As a result, they considered the proposed model to be an important instrument for undertaking managerial decisions.

Keywords: Material selection, logistics, mining-metallurgical sector.

1. Introdução

Com o passar dos anos, a seleção de materiais se tornou etapa imprescindível do projeto e da fabricação de novos produtos, sendo alvo de estudos de entidades públicas e privadas, devido à sua grande importância econômica. É estimado que haja mais de 80.000 tipos de materiais no mundo incluindo vários tipos de ligas metálicas e não-metálicas (Chatterjee et al., 2011). A partir desse número de materiais disponíveis, necessidades específicas para cada projeto fazem do processo de seleção de materiais um desafio para as empresas. Logo, a seleção de materiais passa a ser uma prática realizada pelas empresas que desenvolvem ou aprimoram seus produtos, no sentido de assegurar a qualidade, a funcionalidade, o desempenho e a redução dos custos em todas as etapas do projeto do produto. Back et al. (2008, p. 25) definem produto como “um objeto concebido, produzido industrialmente com determinadas características e funções, comercializado e usado de modo a satisfazer as necessida-

des ou desejos de pessoas ou organizações”. Segundo Barnett e Clark (1998), os produtos têm uma vida útil limitada e precisam ser aperfeiçoados, desenvolvidos e inovados, se a empresa deseja manter-se competitiva.

Lobach (2001), Rozemburg e Eekels (1995), Pahl et al. (2005) e Rosenfeld et al. (2006) abordam o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) como sendo atividades, etapas e decisões que envolvem o projeto de desenvolvimento de um novo produto ou serviço, ou a melhoria em um já existente, desde a idéia inicial até a construção final do produto, com o objetivo de sistematizar esse processo. Durante o desenvolvimento de um determinado produto, é necessário selecionar um material apropriado frente a diferentes requisitos do produto e propriedades dos materiais. Todavia, caso a escolha do material seja inadequada, tal fato pode ocasionar, para a empresa, graves consequências, desde a falha do produto até o aumento signifi-

cativo dos custos. A seleção do melhor material envolve um grande número de fatores, como os requisitos funcionais do produto, propriedades dos materiais que especificam esses requisitos, o custo e o processo de fabricação (Ljungberg & Edwards, 2003; Deng & Edwards, 2007). Dessa forma, objetiva-se apresentar o desenvolvimento de um modelo de seleção de materiais metálicos que considere os aspectos logísticos no processo de decisão.

Ao analisar os modelos de seleção de materiais criados pelos teóricos Dieter, Callister e Ashby, verificou-se a necessidade de ferramentas gerenciais para auxiliar o projetista no processo de seleção de materiais. Diante disso, escolhe-se a logística, por ser uma área da gestão responsável pelo fluxo de materiais e pelas informações do fornecedor ao consumidor final, a qual oferece condições ao projetista de avaliar, no processo de seleção, aspectos que são decisivos no fluxo do material em toda cadeia de suprimentos da empresa.

Modelos de seleção de materiais

Para iniciar um projeto de um produto, ou um estudo de um novo processo, é necessário selecionar materiais adequados que estabeleçam uma relação de processamento, estrutura, propriedade, desempenho e que atendam as exigências do consumidor final. Estabelecer uma relação entre esses componentes não é tarefa fácil. É necessário conhecer a estrutura química do material, seu arranjo atômico, seu fator de empacotamento cristalino, suas propriedades físicas e mecânicas. Tem-se, ainda, de se conhecer a função a ser desempenhada pelo produto final.

Para Ashby et al. (2007), a seleção de materiais envolve, entre outros itens, a análise do projeto do produto, comumente chamado de *design*. Essa análise é feita levando em consideração quatro fatores essenciais: material, função, processo e forma. Quando se projeta o produto, o projetista analisa os materiais que entram na fabricação do produto, relacionando a forma e a função apre-

sentada pelo produto final. Também direciona o processamento para atender a essas necessidades. Na década de 80, Dieter *apud* Assunção (1999) desenvolveu seu modelo de estudo na área de materiais, o qual serviu de base para a formulação de estudos mais recentes, utilizados em várias empresas e centros de pesquisa. Assim, Dieter organiza o processo de seleção de um material em três etapas: análise dos requisitos funcionais para os materiais, eliminação de materiais e processos candidatos e seleção de materiais candidatos. Segundo Callister (2006), existem outros critérios importantes que devem ser levados em consideração no desenvolvimento de novos produtos para maximizar a chance de tal produto se tornar comercializável. Vários desses critérios são de natureza econômica e, de certa forma, não estão relacionados a princípios científicos ou a práticas de engenharia, entretanto são relevantes para a competitividade do produto. Para Callister (2006), a se-

leção de materiais envolve as seguintes etapas: projeto do componente, análise de materiais e processamento. Percebe-se que o modelo proposto por Callister é um desdobramento daquele de Dieter. A diferença principal entre os modelos está no enfoque e nas ferramentas utilizadas para se atingir um número de materiais possíveis. Em função desses fatores, julga-se importante analisar-se o modelo proposto por Ashby et al. (2007), no qual os autores sistematizaram e agruparam em um banco de dados propriedades de materiais e vários estudos de caso. A criação desse banco de informações permitiu aos profissionais da área visualizar o equilíbrio entre necessidades do mercado, possibilidades dos processos de fabricação e propriedades dos materiais. A aplicação desse modelo se dá por meio de duas etapas: etapa de eliminação e etapa de informações complementares. Os resultados da etapa de eliminação são exibidos sob a forma gráfica, nos chamados mapas das propriedades dos materiais.

Esses mapas representam uma das grandes contribuições do modelo de Ashby para as pesquisas em seleção de materiais, uma vez que relacionam inúmeros

materiais quanto às suas propriedades específicas, as quais apresentam valor para o processo de seleção e, consequentemente, para as características finais

dos produtos. Na etapa de informações complementares, são avaliadas questões referentes a custos, disponibilidade, fornecedores, manuseio, entre outras.

Aspectos logísticos

Os aspectos logísticos compreendem o tempo do ciclo do pedido, prazo de entrega, quantidade mínima e máxima para compra, tipo de transporte, preço do frete, entre outros. Ao analisar os aspectos logísticos, no processo de seleção de materiais, para o desenvolvimento do produto, o projetista evita que aconteçam graves problemas para a empresa, como, por exemplo: atraso na entrega, indisponibilidade do material, transporte inadequado, aumento do preço do frete, fornecedores ineficientes, entre outros. Nesse sentido, os aspectos logísticos passam a assumir valor estratégico para o bom desempenho das corporações nos mercados onde atuam.

De acordo com Christopher (2001), a logística é o processo de gerenciar, estrategicamente, aquisição, movimentação e armazenagem de qualquer tipo de material, através da organização e através da utilização dos canais de marketing, de modo a maximizar a lucratividade presente e futura através do atendimento dos pedidos a baixo

custo. As empresas, em busca de sucesso nos mercados em que atuam, devem aplicar a logística de forma integrada por toda a cadeia de suprimentos. Segundo Bowersox e Closs (2001), a logística integrada é vista como a competência que vincula a empresa a seus clientes e fornecedores. Esse vínculo deve levar à integração das operações internas da corporação como compras, gerenciamento de estoques e produção. Em sua obra, Fleury (2000) afirma que, para se gerenciar a logística de forma integrada, ela deve ser tratada como um sistema. Esse sistema permite à gerência ter uma visão completa do processo logístico da corporação, cobrindo estoques, emissão de papéis, entregas, transporte, entre outras atividades já mencionadas. Resumidamente, são esses sistemas que possibilitam o fluxo de informações necessárias para se fazerem previsões e para se darem respostas em tempo hábil a clientes e fornecedores. Na obra de Oliveira (2001, p.45), são apresentadas várias vantagens da utilização apropria-

da de sistemas de informação, das quais se destacam: melhoria no acesso às informações e criação de relatórios mais rápidos; melhoria nas tomadas de decisões, através do fornecimento de informações mais rápidas e precisas; fornecimento de melhores projeções dos efeitos das decisões; melhoria na estrutura organizacional, por facilitar o fluxo de informações; melhoria da adaptação da empresa para enfrentar os acontecimentos não previstos a partir das constantes mutações nos fatores ambientais; otimização na prestação dos serviços aos clientes; redução dos custos operacionais da mão-de-obra administrativa.

Empresas do setor minerometalúrgico estão cada vez mais aderindo aos sistemas logísticos para conseguir competir no mercado nacional e internacional. Tal fato reforça a ideia proposta nesse estudo, ou seja, a ideia de que é necessário inserir os aspectos logísticos, no processo de seleção de materiais metálicos, para que as empresas desse setor tornem-se mais competitivas.

2. Metodologia

A partir do fluxo ilustrado na Figura 1, observam-se, de forma sequenciada, as etapas que foram necessárias para a realização da pesquisa. A etapa inicial foi a formulação do problema de pesquisa, onde se realizou uma interface entre a área de seleção de materiais e a logística. Em seguida, foram elaborados os objetivos geral e específicos. Na terceira etapa, fez-se o estudo teórico, como forma de conhecer o estado da arte sobre as áreas de interface, seleção de materiais e logística. Na quarta etapa, por meio do estudo teórico, determinou-se o quadro geral de variáveis e indicadores. Aplicou-se, na quinta etapa, a rede PERT para selecionar a partir do quadro de variáveis e indicadores, os candidatos

para compor o modelo. Na sexta etapa, elaborou-se, em forma de fluxograma, o modelo teórico por meio dos indicadores selecionados. Na sétima etapa, discutiu-se o modelo e se verificou a necessidade de otimizá-lo, aplicando, novamente, a rede PERT, originando, assim, mais duas redes e dois fluxos. O último fluxograma elaborado definiu o modelo otimizado e este foi traduzido em modelo computacional, para se verificar a possibilidade de interrelação entre os indicadores presentes no modelo teórico. A oitava etapa foi direcionada para a elaboração do questionário, com o intuito de se verificar, na nona etapa, como as empresas do setor minerometalúrgico selecionam seus materiais e de como tais empresas utilizam

os aspectos logísticos como critério de seleção. A Figura 1 resume as etapas que foram necessárias para a realização da pesquisa.

No questionário, contemplou-se informações referentes aos principais materiais metálicos adquiridos; quantidade de fornecedores para cada material; à função exercida pelo material adquirido; às especificações dos materiais exigidos na aquisição; ao processo de seleção realizado pela empresa; ao uso de informações logísticas na seleção do material; aos detalhes advindos dos catálogos; à visão da empresa sobre um sistema que selecione ao mesmo tempo, material e fornecedor, a partir da interrelação entre informações técnicas do material e informações logísticas.

3. Resultados e discussões

Para a discussão dos resultados abordou-se a elaboração da rede PERT, do modelo teórico, do modelo computacional. Também levou-se em considera-

ção a visão das empresas do setor minerometalúrgico em relação ao modelo.

As discussões baseadas na fundamentação teórica levaram à identificação

de treze indicadores da variável seleção de materiais, dos quais, nove foram selecionados para compor a rede inicial, enquanto para a variável logística foram

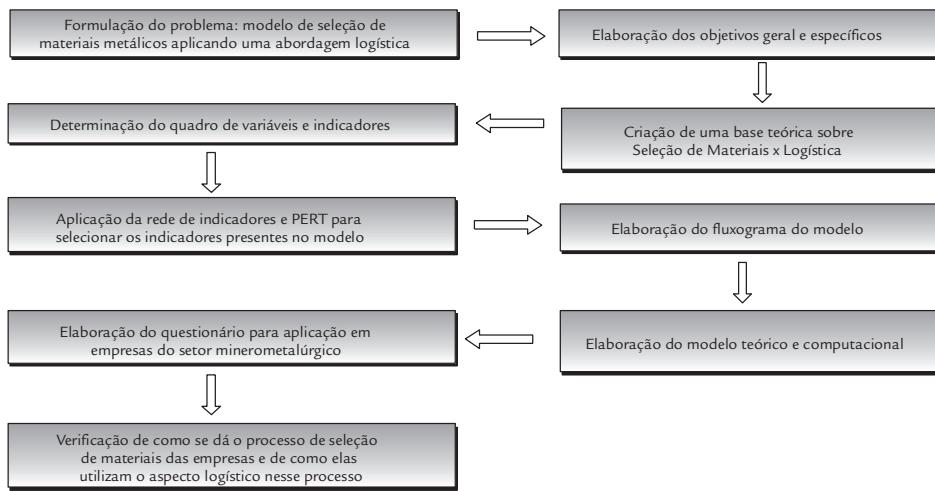


Figura 1
Etapas para a realização da pesquisa.

identificados vinte e nove e selecionados para rede inicial vinte e dois. Posteriormente numa segunda fase, rede 2, foram selecionados dez indicadores, e, na última fase, rede 3, selecionaram-se sete, para se comporem os indicadores da variável logística na rede final. Como observado, as etapas de seleção de indicadores, através das redes 1, 2 e 3, possibilitaram a redução de treze para nove indicadores para compor o modelo da variável seleção de materiais e uma redução de vinte e dois para sete da variável logística para compor o modelo, totalizando dezenove eliminados a partir da aplicação da rede PERT. A proposta de utilizar as redes foi gerar a interrelação entre as variáveis para a formação do fluxograma que traduz o modelo proposto, tendo, como resultado final, os materiais candidatos e seus respectivos fornecedores. A Figura 2 ilustra a rede 3, resultado da otimização das redes 1 e 2, e apresenta indicadores

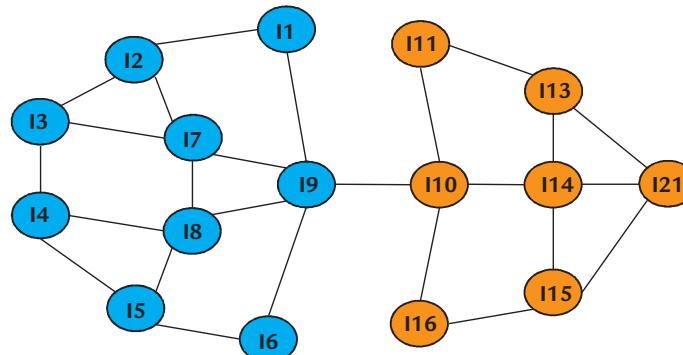
responsáveis pela elaboração do modelo teórico em forma de fluxograma.

Observa-se, na Figura 2, a interação entre os indicadores I1-I9, os quais representam a variável seleção de materiais e a interação entre os indicadores I10-I21, os quais, por sua vez, representam a variável logística. A interação dos indicadores da variável seleção de materiais resulta no indicador I9, materiais candidatos, enquanto que o indicador I10, fornecedores candidatos, é o resultado da interação da variável logística.

O fluxo, representado pela Figura 3, inicia-se pela caixa seleção de materiais, seguindo-se as seguintes etapas: função a ser desempenhada pelo material, materiais metálicos cadastrados (especificações), vida útil do material, propriedades, especificações do produto e processo. O resultado da avaliação preliminar, a partir da varredura do banco de dados da variável seleção de materiais,

representa a caixa de materiais candidatos que faz conexão com a caixa fornecedores candidatos, pertencente à variável logística, com a finalidade de continuar o fluxo e selecionar os materiais por meio da varredura do banco de dados da variável logística. O fluxo, a partir da caixa fornecedores candidatos, prossegue com as etapas: localização, tipo de transporte, preço do frete, tempo de ciclo de pedido, quantidade mínima e máxima para compra, prazo de entrega, resultando nas caixas materiais selecionados e fornecedores selecionados. A Figura 3 corresponde ao fluxograma do modelo em função dos indicadores selecionados a partir da Rede PERT-3.

O modelo teórico foi traduzido em modelo computacional. Nesse modelo computacional, foi utilizado o programa Microsoft Office Access 2007, ilustrado na Figura 4. Pode ser observado que cada caixa representa indicadores que, auto-



1. Variável - seleção de materiais

- I1 - Função desempenhada pelo produto
- I2 - Especificações físicas do produto
- I3 - Tipo de processo
- I4 - Caracterização da Estrutura do Material
- I5 - Propriedades esperadas da matéria-prima
- I6 - Fabricação
- I7 - Vida útil do material
- I8 - Critérios de desempenho do produto final
- I9 – Materiais Candidatos.

2. Variável - logística

- I10 - Fornecedores candidatos
- I11 - Origem do material
- I13 - Tipo de transporte utilizado
- I14 - Preço do frete
- I15 - Prazo de Entrega
- I16 - Quantidade mínima e máxima para compra
- I21 - Tempo de ciclo do pedido

Figura 2

Variáveis e indicadores.
Rede PERT-3 - relação entre as variáveis Seleção de Materiais x Logística.

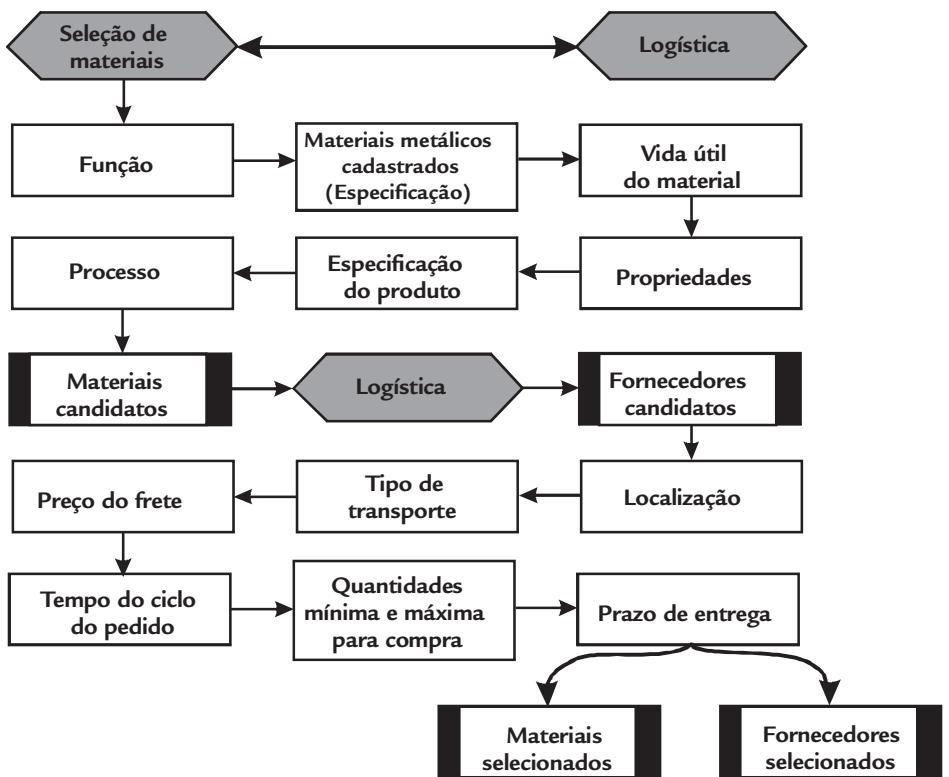


Figura 3
1º Fluxograma elaborado
do modelo a partir da Rede PERT -1.

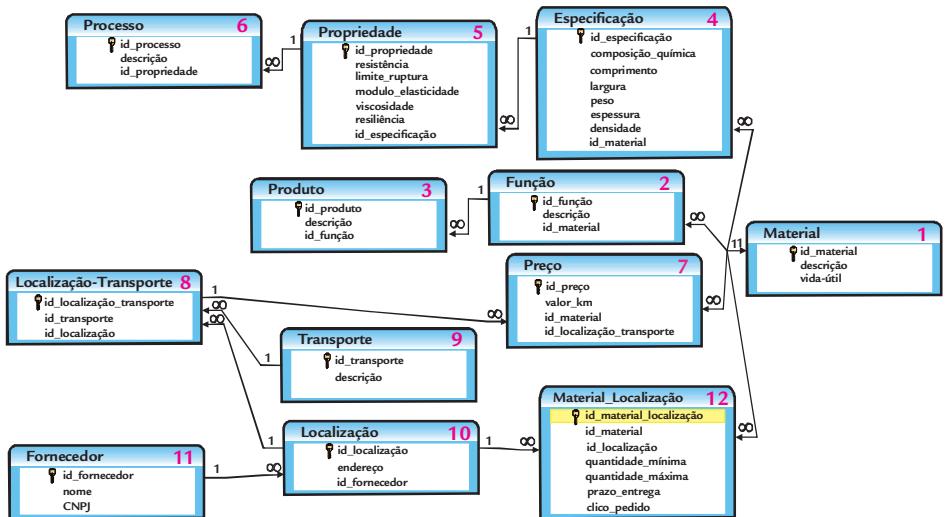


Figura 4
Protótipo do modelo desenvolvido.

maticamente, foram interrelacionados entre si, formando um banco de dados, o qual auxilia na seleção dos materiais candidatos e oferece uma melhor relação entre as variáveis seleção de materiais e logística.

As caixas foram enumeradas de 1 a 12, com a finalidade de facilitar a discussão do modelo computacional. A caixa 1 (material) representa a descrição do material a ser introduzido no banco de dados com o valor de vida útil, a qual é especificada dentro da caixa por id_material. Adicionou-se ao campo id_material uma chave primária para possibilitar a localização desse campo no sistema global, tanto na fase de seleção, quanto no cadastramento. A caixa 1 possui vínculo com as caixas 2,4,7 e 8. O vínculo

ou a relação computacional é apresentada pela simbologia $1 \rightarrow \infty$, isso quer dizer que o material da caixa 1 pode obter resultados da interação com a caixa 2,4,7 e 8. Outra forma de apresentar a relação é verificar, nas caixas que estão interligadas à caixa 1, a palavra id_material. Segue a mesma explicação para as demais caixas em relação aos vínculos estabelecidos. A caixa 2, intitulada função apresenta o campo “função desempenhada do material”. Esta, por sua vez, está vinculada às caixas 1 e 3. A caixa 3 (produto) representa o campo das especificações do produto final. A caixa 4 (especificação) contempla as informações em relação: à composição química, ao comprimento, à largura, ao peso, à espessura, à densidade e à outras especificações.

cações pertinentes ao material. A caixa 4 está vinculada às caixas 1 e 5. A caixa 5 (propriedades) representa o campo de cadastro das principais propriedades do material, como: resistência, limite de ruptura, módulo de elasticidade, viscosidade, entre outras. A caixa 5 está vinculada às caixas 3 e 6. A caixa 6 (processo) indica o campo para o cadastramento dos principais processos que envolvem os materiais. A caixa 7 (preço) destaca o campo de cadastro do preço do material em função do valor da quilometragem. A caixa 7 possui vínculo com as caixas 1 e 8. A caixa 8 (localização_transporte) é o campo de conexão que possibilita o vínculo entre as caixas 7, 9 e 10, forma encontrada para se manter a relação entre as demais caixas e, dessa forma, fa-

vorecer o resultado esperado. A caixa 9 (transporte) lista os meios de transporte utilizados para distribuir os materiais. A caixa 9 possui vínculo com a caixa 8. A caixa 10 (localização) representa o campo de cadastro das localidades dos fornecedores, especificando os endereços e possui vínculo com a caixa 11 (fornecedor) - espaço reservado para o cadastro dos fornecedores com seus respectivos CNPJ's ou demais informações que as empresas necessitarem no momento do cadastro do fornecedor. A caixa 10 possui vínculo, também, com as caixas 8 e 12. A caixa 12 (material_localização) é um campo que estabelece uma relação entre as informações das caixas 10 e 1 - fechando o ciclo do sistema, favorecendo a interrelação entre todos os indicadores do modelo, incluindo, também, nesse campo, as seguintes informações: quantidade mínima e máxima para compra, ciclo de pedido e prazo de entrega. O modelo computacional ilustrado na Figura 4 demonstra a partir dos vínculos que o modelo teórico pode ser aplicado em um sistema computacional.

Após elaborado o modelo, optou-se em direcionar para quatro empresas do setor minero metalúrgico um questionário com o propósito de verificar como essas empresas realizam o processo de seleção de materiais metálicos e se utilizam dos aspectos logísticos como critério de seleção. A empresa A tem sua atuação

concentrada em dois segmentos principais: níquel e zinco, com produção voltada para o abastecimento do mercado nacional e internacional. A empresa B é uma empresa brasileira de mineração, de capital fechado, produtora de pelotas de minério de ferro. A empresa C é líder mundial na produção de minério de ferro e pelotas, sendo a segunda maior produtora de níquel no mercado internacional. Já a empresa D é uma multinacional canadense e atua na exploração de minério de ouro desde 2007.

O processo de seleção de materiais adotado pela empresa A segue os seguintes procedimentos: análise e especificação técnica, teste laboratorial, teste industrial, normas ISO, avaliação comercial e avaliação logística. É importante observar que, para a avaliação logística, a empresa A utiliza o mesmo critério da avaliação comercial. A empresa B adota, no processo de seleção, os procedimentos de análise de especificação técnica e avaliação comercial. Em se tratando da avaliação logística, a empresa B explica: "que essa avaliação não é referência para seleção, visto que atualmente possui contrato com empresa de transporte que tem pontos de recolhimento em toda extensão nacional, desde que haja o atendimento no prazo necessário, o fator logístico não é predominante para a empresa B". A empresa C utiliza

os seguintes procedimentos de seleção: análise de especificação técnica, teste laboratorial, teste industrial, normas ISO, avaliação comercial e avaliação logística. A avaliação logística realizada pela empresa C é baseada apenas no aspecto custo, sendo que os outros fatores não são verificados, pois o transporte é de responsabilidade do fornecedor e o preço está diluído nas condições do contrato consolidado, enquanto a empresa D considera, na avaliação, o custo de transporte. Foi perguntado para as empresas se algum fornecedor disponibilizou catálogo ou qualquer instrumento que possua, além das informações sobre o material e sobre as informações logísticas. Os especialistas das empresas responderam que nunca fora disponibilizado tal instrumento com as informações relacionadas (Seleção de Materiais x Logística). Além disso, o entrevistado da empresa A reforça o potencial desse instrumento como facilitador dos processos de tomada de decisão envolvendo seleção e aquisição de materiais. Já o da empresa B confirma a tendência de que empresas que ainda não utilizam tal instrumento possuem interesse na proposta. Portanto mostra-se que o desenvolvimento do modelo proposto apresenta uma importância significativa, tanto para as empresas, como para a área de seleção de materiais.

4. Conclusões

A principal motivação para o estudo foi desenvolver um modelo de seleção de materiais metálicos que associasse aos modelos consolidados da seleção de materiais os aspectos logísticos. Dessa forma, buscou-se estabelecer uma interface

entre a seleção de materiais e a logística. Demonstrou-se que esta interface é possível e que contribui, significativamente, para o processo de seleção de materiais, pois oferece condições ao usuário de escolher o material, a partir de suas pro-

priedades e avaliar os aspectos logísticos inerentes à sua aquisição. Assim, observou-se, nesse estudo, a necessidade de as empresas reforçarem suas estratégias e procedimentos de seleção de materiais para projetar e elaborar seus produtos.

5. Referências bibliográficas

- ASHBY, M., SHERCLIFF, H., CEBON, D. *Materials engineering, science, processing and design*. UK, London: Elsevier, 2007. 514p.
- ASSUNÇÃO, R. B. *Éco-design e seleção de materiais para o mobiliário urbano*. Ouro Preto: UFOP, REDEMAT – Rede Temática em Engenharia de Materiais, 1999. 215p. (Dissertação).
- BACK, N., OGLIARI, A., DIAS, A., SILVA, J. C. *Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem*. Barueri, SP: Manole, 2008. 721p.
- BARNETT, B. D., CLARK, K. B. Problem solving in product development: a model for the advanced materials industries. *International Journal of Technology Management*, v. 15, n. 8. 1998. 820p.
- BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J. *Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo: Atlas, 2001. 594p.
- CALLISTER, W. D. *Fundamentos da ciência e engenharia de materiais: uma abordagem integrada*. Rio de Janeiro: LTC, 2006. 702p.

- CHATTERJEE, P., ATHAWALE, V. M., CHAKRABORTY, S. Materials selection using complex proportion assessment and evaluation of mixed data methods. *Materials and Design*, 2011. 860p.
- CHRISTOPLE, M. *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos*. São Paulo: Pioneira, 2001. 78p.
- DENG, Y-M, EDWARDS, K. L. The role of materials identification and selection in engineering design. *Materials and Design*, 2007. 139p.
- FLEURY, P. F., WANKE, P., FIGUEIREDO, K. F. *Logística empresarial: a perspectiva brasileira*. São Paulo: Atlas, 2000. 376p.
- LJUNGBERG, LY, EDWARDS, K. L. Design, materials selection and marketing of successful products. *Materials and Design*, 2003. 529p.
- LÖBACH, B. *Design industrial: bases para a configuração dos produtos industriais*. Tradução: Freddy Van Camp. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2001. 206p.
- OLIVEIRA, D. P. R. de. *Sistema de informação gerencial: estratégicas, táticas, operacionais*. São Paulo: Atlas, 2001. 274p.
- PAHL, G., BEITZ, W., FELDHUSEN, J., GROTE, K. *Projeto na engenharia - fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos - métodos e aplicações*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2005. 579p.
- ROOZENBURG, N. F. M; EEKELS, J. *Product design: fundamentals and methods*. Chichester, England: John Wiley & Sons Ltd., 1995.
- ROZENFELD, H. et al. *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma abordagem para a melhoria de processos*. São Paulo: Saraiva, 2006. 542p.

Artigo recebido em 27 de junho de 2011. Aprovado em 21 de novembro de 2011.