



REDEMAT

REDE TEMÁTICA EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

UFOP – CETEC – UEMG



Tese de Doutorado

Um modelo de seleção de materiais com abordagens complementares: o uso da logística aplicada a empresas do setor minerometalúrgico



Autor: Washington Luís Vieira da Silva
Orientador: Prof. DSc. Adilson Rodrigues da Costa



Dezembro de 2011



REDEMAT

REDE TEMÁTICA EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

UFOP – CETEC – UEMG

Washington Luís Vieira da Silva

Um modelo de seleção de materiais com abordagens complementares: o uso da logística aplicada a empresas do setor minerometalúrgico

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da REDEMAT, como parte integrante dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Materiais.

Área de concentração: Análise e Seleção de Materiais

Orientador: Prof. DSc. Adilson Rodrigues da Costa

Ouro Preto, Dezembro de 2011

AGRADECIMENTOS

A Deus e à Virgem Maria, pelo amor incondicional.

Aos meus avós, José Vieira de Andrade e Josefa Brito de Andrade (em memória), que foram os responsáveis pelos princípios que nortearam a minha vida.

A minha irmã Getânia Vieira (em memória) pelo amor, carinho e companheirismo em todas as etapas da minha vida... Amo você e amarei em todos os meus dias...

A minha mãe, pelo amor, pela paciência e pela companhia em todas as jornadas... Muito obrigado por tudo!

A minha família.

A minha amiga Zirlene, pelo apoio, acolhimento e carinho desde a minha chegada a Minas.

A meu amigo André Luis Silva, pelo apoio e carinho em todos os dias.

A minha amiga Maria do Socorro Palmieri, pelo carinho, zelo e ensinamentos.

A meu amigo Ricardo Chaves pelo carinho, apoio e companheirismo.

A meu amigo Wallas Miranda pelo carinho e apoio no dia a dia.

A meus amigos Márcio Helder, Mário Henrique, Lano, Clara, Márcia, Marcelo Guimarães, Ricardo Dias, Augusto, Guilherme Alberto, Anezia, pela amizade partilhada ao longo dos anos.

Ao professor e orientador Adilson Rodrigues, pela contribuição neste trabalho, pelo apoio e incentivo.

Aos professores Ricardo Pinheiro, João Esmeraldo e demais membros da Banca do Exame de Qualificação, pela contribuição neste trabalho.

A Ricardo Mattioli, pela contribuição no seminário de discussão sobre a ideia preliminar que norteou este trabalho e no Exame de Qualificação.

Aos professores Iglê Santos Pequeno e Genaína Nunes Rodrigues, pela disponibilidade e contribuição para este trabalho.

Aos meus alunos que contribuíram com apoio e carinho ao longo destes anos. A todos, muito obrigado!

Ao professor Jaime Sardi pelo apoio, ensinamentos e incentivo desde a minha chegada a Minas.

Aos gerentes das quatro empresas pesquisadas.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Reconhece a queda e não desanima..

Levanta, sacode a poeira..

E dá a volta por cima.

(Noite Ilustrada)

LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE SIGLAS.....	XII
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS/LIMITAÇÕES DO ESTUDO	10
2.1 Objetivo geral.....	10
2.2 Objetivos específicos.....	10
2.3 Hipótese.....	11
2.4 Limitações do estudo.....	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1 A Ciência dos Materiais e a Engenharia dos Materiais.....	12
3.2 Seleção de materiais.....	14
3.3 Materiais metálicos.....	20
3.4 Cadeia de suprimentos.....	24
3.5 Logística.....	26
3.6 Sistema de Informação Gerencial.....	30
3.7 Sistemas de Informação Logística	32
4. METODOLOGIA.....	35
4.1 Etapas realizadas durante a pesquisa.....	35
4.2 Natureza da pesquisa.....	37
4.3 Classificação da pesquisa.....	38
4.4 Instrumentos de coleta de dados.....	39
4.5 Variáveis.....	40
4.6 Tabulação e análise dos dados.....	41
5. ELABORAÇÃO DO MODELO.....	43
6. SOFTWARE CES EDU PACK 2005 – MODELO DE ASHBY E EQUIPE.....	62
7. VALIDAÇÃO DO MODELO: PERSPECTIVA DAS EMPRESAS.....	104
7.1 Características gerais/processo de seleção das empresas.....	104
8 CONCLUSÕES.....	128

9.	CONTRIBUIÇÕES ORIGINAIS AO CONHECIMENTO.....	132
10	RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS.....	133
11	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	134
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135
	ANEXOS.....	151

LISTA DE FIGURAS

1.1	A tarefa de seleção de materiais em função da estrutura, propriedade, processamento, desempenho e aspectos econômicos, políticos, sociais e ambientais.....	2
1.2	Interface entre a Ciência dos Materiais e a Engenharia dos Materiais, a seleção de materiais e a logística.....	3
1.3	Cadeia de Suprimentos (Abastecimento).....	4
3.1	Elementos centrais da Ciência dos Materiais e Engenharia dos materiais em relação aos fluxos de conhecimento.....	14
3.2	Fatores analisados pela seleção de materiais.....	15
3.3	Esquema de uma cadeia de suprimentos genérica.....	25
3.4	Fluxos logísticos.....	27
3.5	Modelo simples de um sistema de informação gerencial.....	31
3.6	Estrutura básica de um sistema de informação logística.....	33
4.1	Etapas para a realização da pesquisa.....	35
4.2	Esquema de uma rede genérica de indicadores.....	42
5.1	Etapas de elaboração do modelo teórico e computacional.....	43
5.2	Variáveis e Indicadores. Rede PERT-1 da relação entre as variáveis Seleção de Materiais x Logística.....	47
5.3	Variáveis e Indicadores. Rede PERT-2 da relação entre as variáveis Seleção de Materiais x Logística.....	48
5.4	Variáveis e Indicadores. Rede PERT-3 da relação entre as variáveis Seleção de Materiais x Logística.....	49
5.5	1.º Fluxograma elaborado do modelo a partir da Rede PERT -1.....	51
5.6	2.º Fluxograma elaborado do modelo a partir da Rede PERT -2.....	53
5.7	3.º Fluxograma elaborado do modelo a partir da Rede PERT -3.....	55
5.8	Protótipo do modelo desenvolvido.....	57
5.9	Página de consulta para a seleção do material e de seu respectivo fornecedor.....	60
6.1	Página de abertura do Programa.....	62
6.2	Funções do Programa na barra do menu principal.....	63
6.3	Caixa do navegador browse.....	63
6.4	Campo subset do navegador browse.....	64
6.5	Informações do material no nível <i>Edu level 1</i>	65

6.6	Informações do material no nível <i>Edu level 1</i>	66
6.7	Informações do material no nível <i>Edu level 1</i>	67
6.8	Detalhes do campo universo do processo.....	74
6.9	Informações do campo produtores	83
6.10	Campo referência no menu <i>browse</i>	84
6.11	Explorando o menu <i>select</i>	85
6.12	Projeto baseado no modelo.....	86
6.13	Projeto customizado	88
6.14	Página inicial do processo de seleção.....	89
6.15	Escolha dos estágios de seleção.....	89
6.16	Início do processo de seleção pelo gráfico.....	90
6.17	Escolha da categoria Propriedades mecânicas para o eixo X.....	90
6.18	Escolha da categoria Alongamento para o eixo X.....	91
6.19	Escolha da categoria Propriedades mecânicas e do atributo Alongamento para o eixo Y	92
6.20	Exemplo de plotagem de gráfico: Alongamento percentual (X) e Ductilidade à fratura (Y)	92
6.21	Uso da barra de ferramentas.....	93
6.22	Processo de seleção a partir dos limites.....	94
6.23	Campo para inserir dados no processo de seleção a partir dos limites.....	94
6.24	Processo de seleção a partir da árvore.....	95
6.25	Campo de inserção de dados para o processo de seleção a partir da árvore.....	95
6.26	Resultado do processo de seleção a partir da árvore.....	96
6.27	Explorando o menu <i>search</i>	97
6.28	Explorando os menus <i>Search Web</i> , <i>CES InDepth</i> e <i>Ajuda</i>	98
6.29	Explorando o nível 3.....	99
6.30	Explorando o menu <i>Select</i> no nível 3.....	101
7.1	Fluxograma do processo produtivo da Empresa B.....	122

LISTA DE TABELAS

III.1	Modelos de seleção elaborados por Ashby.....	18
III.2	Relações das propriedades com a microestrutura do material.....	22
III.3	Propriedades dos materiais metálicos.....	23
III.4	Atividades logísticas.....	28
III.5	Benefícios da utilização de um sistema de informação gerencial.....	32
IV.1	Comparativo das técnicas de coleta de informações utilizadas.....	40
V.1	Variáveis e indicadores.....	45
VI.1	Comparativo entre os níveis para os materiais metálicos e ligas.....	103
VII.1	Principais materiais metálicos adquiridos pela empresa A/ n.º de fornecedores/n.º de fornecedores que disponibilizaram catálogos.....	105
VII.2	Uso dos materiais metálicos pela Empresa A.....	106
VII.3	Características gerais dos materiais metálicos A, B, C, D e E da Empresa A.....	107
VII.4	Procedimentos do processo de seleção de materiais adotados pela Empresa A.....	108
VII.5	Principais materiais metálicos adquiridos pela empresa B/ n.º de fornecedores/n.º de fornecedores que disponibilizaram catálogos.....	113
VII.6	Características gerais dos materiais metálicos A, B, C, D e E da Empresa B.....	114
VII.7	Procedimentos do processo de seleção de materiais adotados pela Empresa B.....	115
VII.8	Principais materiais metálicos adquiridos pela empresa C/ n.º de fornecedores/n.º de fornecedores que disponibilizaram catálogos.....	119
VII.9	Procedimentos do processo de seleção de materiais adotados pela Empresa C.....	120
VII.10	Principais materiais metálicos adquiridos pela empresa D/ n.º de fornecedores/n.º de fornecedores que disponibilizaram catálogos.....	124
VII.11	Resumo dos principais resultados obtidos na pesquisa	126
VIII.1	Objetivos específicos e o resultado das suas ações.....	130

LISTA DE SIGLAS

CFC	Cúbica de Face Centrada
CCC	Cúbica de Corpo Centrado
HC	Hexagonal Compacta
CES	Cambridge Engineering Selector
CAMPUS	Computer Aided Material Preselection by Uniform Standards
ISO	Internacional Organization for Standartization
TCO	Total Cost of Ownership
PERT	Program Evaluation and Review Technique
SIG	Sistema de Informação Gerencial
MPDGE	Metodologia Prática para Dimensionamento e Gestão de Estoques
GNC	Gás Natural Comprimido
FCA	Ferrovia Centro-Atlântica
EFVM	Estrada de Ferro Vitória a Minas
EFC	Estrada de Ferro Carajás
FNS	Ferrovia Norte Sul

RESUMO

Este estudo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um modelo de seleção de materiais metálicos que considera os aspectos logísticos no processo de seleção. Inicialmente, foi desenvolvido um estudo teórico sobre Ciência dos Materiais, Engenharia de Materiais, seleção de materiais, logística, sistema de informação gerencial e sistema de informação logística. No estudo sobre a seleção de materiais foram explorados os modelos desenvolvidos por Ashby, Dieter e Callister, com o propósito de investigar as características de cada um, no sentido de subsidiar a elaboração do modelo proposto. O modelo de Ashby, pela aplicabilidade, tornou-se referência para este estudo, pois o pesquisador e sua equipe desenvolveram o *software* educacional CES EduPack 2005 direcionado ao processo de seleção de materiais, adaptável também para o setor industrial. Para o desenvolvimento do modelo, foi aplicada uma metodologia baseada em um fluxograma, com o intuito de facilitar o processo de elaboração do modelo, da elaboração do instrumento de coleta de dados e da discussão das informações que consolidaram o estudo. Utilizou-se para o desenvolvimento do modelo uma adaptação das redes de indicadores genérica e PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) para relacionar os indicadores da variável Seleção de Materiais com os indicadores da variável Logística com o propósito de elaborar o modelo teórico em forma de fluxograma. O modelo foi então implementado e comparado ao *software* educacional CES EduPack 2005, desenvolvido por Ashby e sua equipe. Confirmou-se que o CES EduPack 2005 de fato não inclui os aspectos logísticos no processo de seleção. Aplicou-se a especialistas de quatro empresas do setor minerometalúrgico um questionário, para buscar entender o processo de seleção de materiais metálicos, e constatou-se que nenhum fornecedor disponibilizou catálogos com informações do material juntamente com as informações logísticas. Os especialistas relataram que suas empresas não possuem um sistema gerencial que realize o processo de seleção utilizando as informações do material com as informações logísticas. Assim, consideraram que o modelo proposto neste trabalho torna-se para as empresas um importante instrumento de tomada de decisão gerencial.

Palavras-chave: Seleção de Materiais Metálicos, Logística, Rede Genérica de Indicadores, Rede PERT.

ABSTRACT

This study aims to present the development of a Model Selection of Metallic Materials which take in consideration logistical aspects in the selection process. To start the study, was developed a theoretical study about materials science, materials engineering, material selection, logistics, information system management and logistics information system. In the study on selection of materials, models developed by researchers such as Ashby, Dieter and Callister, were explored for the purpose of investigating the characteristics of each model in order to promote the development of the model proposed in this paper. Ashby's model, for its applicability, became a reference for this study because the researcher and his team developed the educational software CES EduPack 2005 directed to the material selection process, which is also adaptable to the industrial sector. For the model development, was applied a methodology based on a flowchart in order to facilitate the process of developing the model, preparing the instrument for data collection and discussion of the information that consolidated the study. It was used for the development of the model an adaptation of network generic indicators and PERT (Program Evaluation and Review Technique) to relate the indicators of the variable selection of materials with variable Logistics indicators with the purpose of developing the theoretical model in the form of flowchart. From the theoretical model, it was translated to a computer model through Microsoft Office Access 2007. After developing the model, the functionality of the educational software EduPack CES 2005 was discussed, in order to demonstrate the operation of the program and, at the same time, confirming that it does not exploits in the logistics process selection. A questionnaire was applied to four experts from companies in the mining metallurgist sector, seeking the understanding of the process of selecting metallic materials of these companies. Moreover, it was found that no purveyor provided catalogs with the material information along with logistical information. The experts reported that their companies do not have a management system to conduct the selection process using the information of the material with logistical information. Thus, they felt that the model proposed in this paper could become an important tool for management decision-making in their companies.

Keywords: Selection of Metallic Materials, Logistics, Network generic indicators, PERT Network.

1. INTRODUÇÃO

Para melhor entendimento do tema abordado, apresenta-se neste capítulo uma rápida explanação sobre Ciência dos Materiais e Engenharia de Materiais, seleção de materiais, cadeia de suprimentos, logística, sistemas de informação logística e sustentabilidade. Discute-se o problema de pesquisa que motivou a realização do estudo, considerando os motivos de ordem teórica e prática. A ideia principal é apresentar uma abordagem introdutória sobre o desenvolvimento de um modelo de seleção de materiais metálicos inserindo os aspectos logísticos como critério de seleção.

1.1 Contexto

Os materiais são elementos indispensáveis para a evolução da humanidade, havendo sempre necessidade de melhorar meios de produção, transporte, habitação, vestuário, comunicação, entre outros recursos. Diante dessa necessidade, a Ciência dos Materiais e a Engenharia de materiais surgem como instrumentos de suporte para estudar os diferentes materiais existentes e proporcionar pesquisas para a descoberta de outros.

De acordo com Callister (2006), compete à Ciência dos Materiais investigar as relações existentes entre as estruturas e propriedades dos materiais e a Engenharia de Materiais, a partir dessas relações, se responsabiliza pelo projeto ou pela engenharia da estrutura do material.

Dessa forma, para iniciar o projeto de um produto, é necessário selecionar materiais adequados que estabeleçam uma relação de processamento, estrutura, propriedade e desempenho, além de analisar outros aspectos inerentes ao produto, de forma a atender às exigências do mercado. Estabelecer uma relação entre esses componentes não é tarefa fácil. Para isso, a área de seleção de materiais vem assessorar a Engenharia dos Materiais não apenas na análise dos componentes citados anteriormente, mas na inclusão de outros aspectos que são indispensáveis para a seleção, aspectos econômicos, políticos, sociais e ambientais.

Segundo Botelho (2003), a seleção de materiais é alvo de estudo de entidades públicas e particulares, devido à grande importância econômica. Além disso, tornou-se etapa imprescindível do projeto e da fabricação de novos produtos. Na trajetória do desenvolvimento tecnológico, a seleção de materiais tem contribuído para indicar a direção das tendências tecnológicas e econômicas nos projetos de produto. As exigências atuais da

sociedade apresentam-se como as principais motivadoras para o desenvolvimento deste campo de conhecimento. Ferrante (2002) desenvolve a ideia de que a seleção de materiais é atividade que envolve amplos conhecimentos técnicos, tornando-se difícil ser realizada por só um tipo de profissional. Devido à sua interface com diversas áreas, principalmente a gerencial, há a necessidade de aprofundar novos estudos. Assim, observa-se pela Figura 1.1 a área de seleção de materiais em função dos componentes e aspectos que norteiam o mercado.

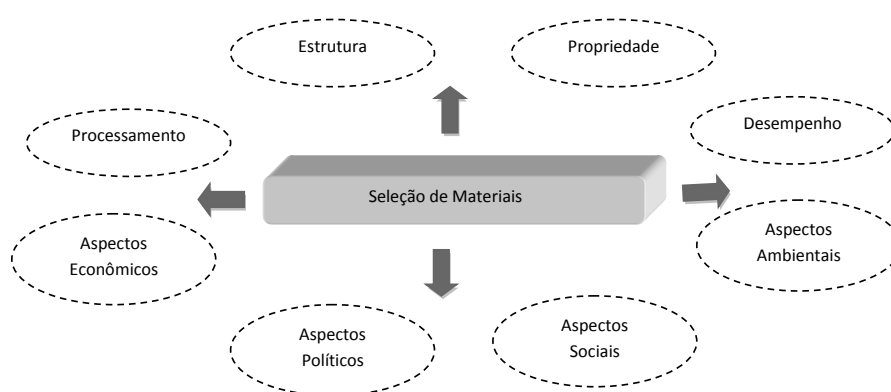


Figura 1.1 - A tarefa de seleção de materiais em função da estrutura, propriedade, processamento, desempenho e aspectos econômicos, políticos, sociais e ambientais

É importante observar que, dos aspectos relatados, o logístico não faz parte dos critérios analisados pela área de seleção de materiais, pois, na literatura especializada da área, aparentemente, não existem indícios de tal tipo de abordagem. Assim, este estudo insere a logística como mais um aspecto a ser estudado pela seleção de materiais, adicionando-a ao modelo descrito na figura 1.1.

Segundo Pahl *et al* (2005), espera-se, no desenvolvimento do projeto do produto, que sejam determinadas as características quanto aos seguintes aspectos: ergonomia, atendimento da finalidade, segurança, produção, armazenagem, fluxo de informações, transporte, uso, manutenção e destinação final ou reciclagem. É interessante ressaltar que os aspectos de produção, armazenagem, transporte, fluxo de informações, destinação final ou reciclagem estão diretamente relacionados com a logística. Em síntese, os aspectos destacados anteriormente e a logística estão unidos para minimizar custos e agregar valor ao produto final. A partir desse ponto de vista, é possível ampliar, por meio de uma interface entre a Ciência dos Materiais e a Engenharia dos Materiais, a visão anterior, a seleção de materiais e a logística, conforme a Figura 1.2.

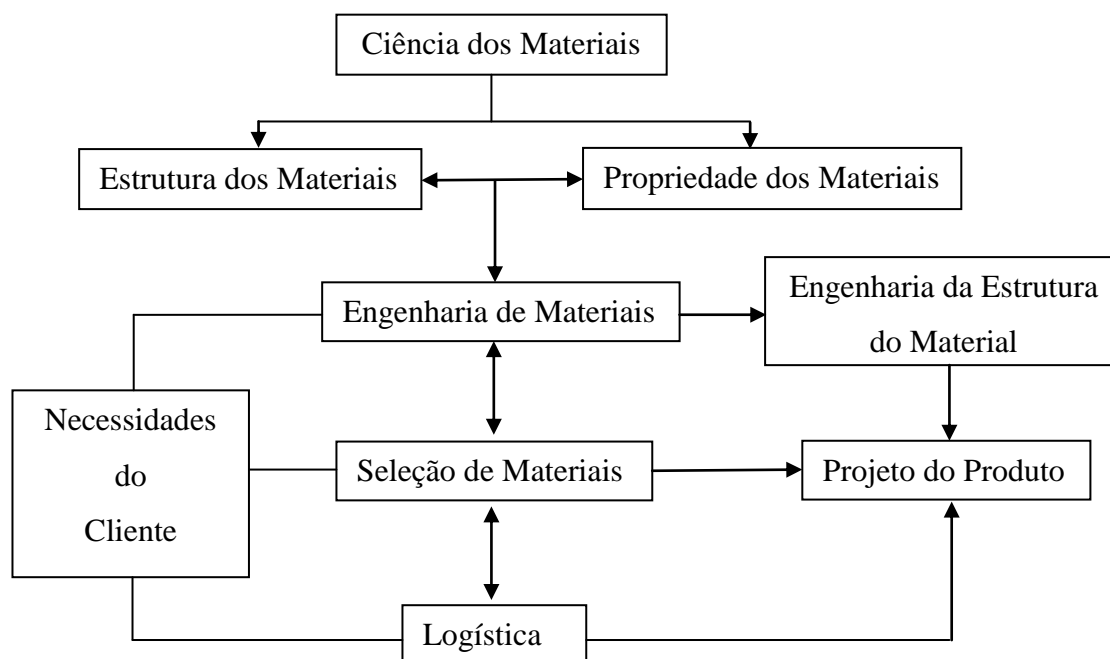


Figura 1.2 - Interface entre a Ciência dos Materiais e a Engenharia dos Materiais, a seleção de materiais e a logística

A Figura 1.2 ilustra a interface entre as áreas do conhecimento estudadas no desenvolvimento deste trabalho. De acordo com ela, a Ciência dos Materiais baseia-se no estudo da estrutura dos materiais e de suas propriedades, enquanto a Engenharia dos Materiais utiliza essa relação para desenvolver a engenharia da estrutura do material, necessitando do auxílio da seleção de materiais, para conseguir materiais adequados, que oferecem para o projeto uma relação de processamento, estrutura, propriedade e desempenho. Para atender melhor às necessidades do cliente e conseqüentemente do projeto, insere-se a logística como fator determinante no processo de seleção de materiais. Sendo assim, a logística vem auxiliar a seleção dos materiais no sentido de disponibilizar informações gerenciais que atendam às necessidades do projeto do produto. Dessa forma, verifica-se a interface entre a Ciência dos Materiais, a Engenharia dos Materiais e a seleção dos materiais e entre esta e a logística.

De acordo com a visão de Fleury (2000), a logística torna-se um processo de gerenciar, de forma estratégica, a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças, produtos acabados e fluxos de informações através da organização e dos canais de marketing, de modo a maximizar a lucratividade, por meio do atendimento dos pedidos com baixo custo.

O conceito de cadeia de suprimentos tem sido muitas vezes confundido com o de logística, na indústria, na consultoria ou na área acadêmica, conforme afirma Cooper *apud* Corrêa (2006).

Por isso é de extrema importância estabelecer as diferenças entre esses conceitos, que hoje são amplamente discutidos na engenharia e na administração.

Pela definição do Council of Logistics Management (2004), entidade americana profissional, a logística é parte do gerenciamento da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla o fluxo e armazenamento eficiente e econômico de matérias-primas e produtos acabados, bem como as informações a eles relativas, do ponto de origem ao ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes.

A Figura 1.3 apresenta a cadeia de suprimentos, comumente chamada pelo mercado de cadeia logística ou cadeia de abastecimento.

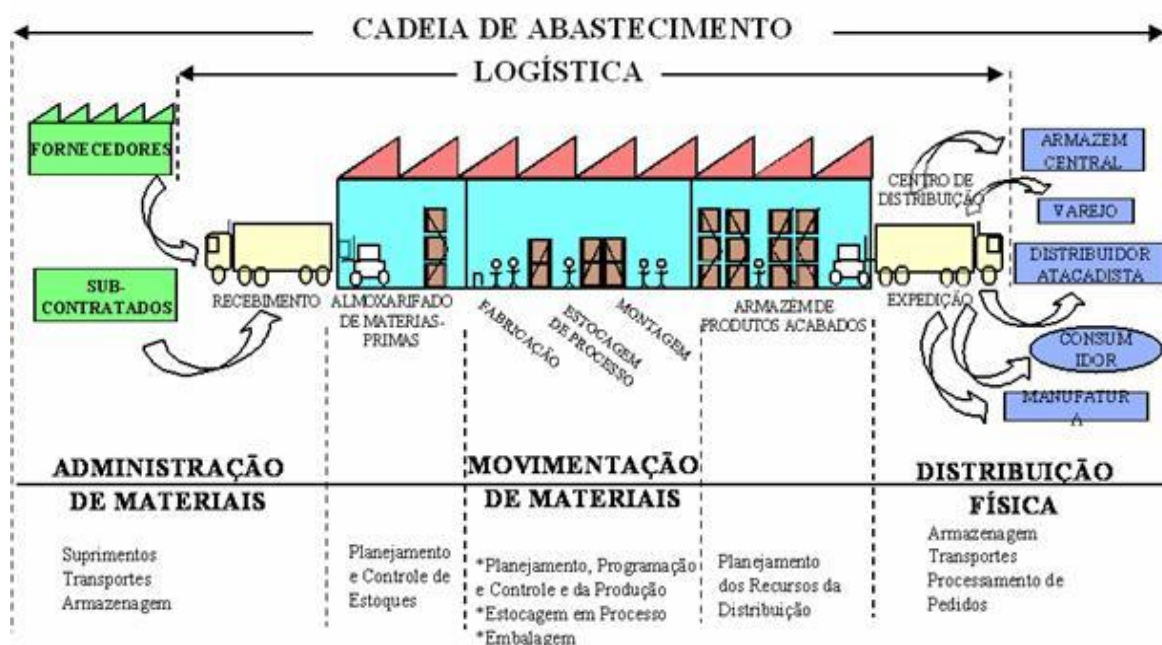


Figura 1.3 - Cadeia de Suprimentos (Abastecimento)

Fonte: http://suprelog.com/logistica_integrada.gif (2009)

Observa-se, na Figura 1.3, que a cadeia de suprimentos representa todos os estágios necessários para que a empresa atenda às necessidades do cliente. Para Chopra e Meindl (2004), a cadeia de suprimentos engloba todos os estágios envolvidos, direta ou indiretamente, no atendimento de um pedido de um cliente. Além disso, engloba desenvolvimento de novos produtos, marketing, administração de materiais, operações, armazenagem, distribuição, finanças, entre outros. Verifica-se, também na Figura 1.2, que há

uma sequência de processos e fluxos entre os diferentes estágios da cadeia, que de forma integrada buscam maximizar o valor agregado para o produto final. Observa-se também que a cadeia de abastecimento apresenta amplitude maior que a logística, pois os seus estágios ultrapassam os limites entre fornecedor, empresa e consumidor, isto é, sua amplitude de controle está além do recebimento do material e da entrega do produto acabado.

Diante do cenário de competitividade dos mercados e do alto padrão de exigência das empresas, o processo de seleção de materiais metálicos tem de ser feito da forma mais adequada possível, evitando gastos com reprocessamentos, distribuição, quebras contratuais devido a problemas com qualidade, bem como prazos de entrega estabelecidos, além de ser um processo que deve prezar a sustentabilidade. Esta passa a ser um aspecto indispensável em todas as atividades desempenhadas por uma empresa, pois revela cuidado com a preservação do meio ambiente e com a qualidade de vida das pessoas. Para Savitz (2007), sustentabilidade significa operar a empresa sem causar danos aos seres vivos e sem prejudicar o meio ambiente.

É importante ressaltar que a participação das empresas em cadeias de suprimentos e a incorporação da sustentabilidade nos processos de gestão são iniciativas que estão sendo utilizadas por diferentes empresas, de variados segmentos empresariais, com o propósito de agregar valor ao produto final e alcançar vantagens competitivas diante de seus concorrentes. Isso pode ser percebido, quando a empresa planeja estrategicamente, ao longo da cadeia logística, a destinação final dos resíduos e do produto final após uso. Verifica-se que, além da logística, a sustentabilidade, a análise de valor e a estratégia competitiva fazem parte do novo cenário econômico e que podem contribuir com estudos para a área de seleção de materiais.

Assim, diante da amplitude do tema, é possível identificar vários aspectos que podem ser trabalhados com o processo de seleção de materiais, inclusive sustentabilidade, análise de valor e estratégia competitiva. Verifica-se, a partir do novo cenário econômico, uma relação entre seleção de materiais, logística, sustentabilidade, análise de valor e estratégia competitiva. Todavia o propósito do trabalho é investigar, neste momento, o processo de seleção de materiais e o aspecto logístico.

1.2 Problema

Diante da evolução nos campos da tecnologia de informação, computação, transportes, comunicação, políticas organizacionais e da qualidade do serviço exigido pelo mercado consumidor, os aspectos logísticos impactam diretamente o desempenho das empresas, no que diz respeito ao desempenho interno e externo, bem como no custo dos produtos e serviços que oferece. Isso é razão suficiente para sugerir a adição dos aspectos logísticos nas ferramentas de análise e seleção de materiais, que já fazem uso dos aspectos ambientais, econômicos, políticos, sociais e de informações sobre a estrutura do material.

Associar a logística no processo de seleção de materiais não é uma tarefa fácil, pois, na maioria das vezes, as empresas relacionam a logística apenas como transporte e não analisam outras atividades que são inerentes a ela, como o fluxo do material dentro e fora da empresa e o fluxo das informações. Quando uma empresa visualiza a logística como uma cadeia, os aspectos são observados como um sistema, isto é, todas as atividades desenvolvidas passam a ser interdependentes. Essa visão é necessária, pois se associa, para cada decisão gerencial, o custo dispendido, o tempo processado, as perdas do processo e os riscos envolvidos.

Na revisão da literatura, observou-se que o processo de seleção de materiais explora basicamente as informações técnicas do material, com base na estrutura, função e desempenho. Verificou-se que os aspectos logísticos não são critérios decisivos para o processo de seleção e a área não apresenta aparentemente trabalhos que os explorem. Esse é um fato preocupante, pois, diante do novo cenário econômico, não se pode pensar estrategicamente em escolher um material sem analisar a cadeia logística, pois diversos fatores podem interferir e inviabilizar a aceitação do material, como localização do fornecedor, disponibilidade do material, tempo do ciclo do pedido, tipo de transporte, prazo e frequência de entrega, preço do frete. Partindo-se dessa preocupação, surge a problemática de incorporar o aspecto logístico como critério do processo de seleção para a área de seleção de materiais.

Para melhor viabilizar a solução, buscou-se direcionar o estudo para os materiais metálicos, devido à importância e aplicação no universo dos materiais, e para o setor minerometalúrgico, visto ser um setor que movimenta a maior parte da economia do Estado de Minas Gerais.

Enfim, diante das informações apresentadas acerca do problema de pesquisa deste trabalho, destaca-se a seguinte questão:

Como desenvolver um modelo de seleção de materiais metálicos para empresas do setor minerometalúrgico aplicando a logística como diferencial no processo de seleção de materiais e fornecedores?

1.3 Motivação

A principal motivação para o estudo foi estabelecer uma interface da área de seleção de materiais com a área gerencial, demonstrando que ela contribui significativamente para o processo de seleção, pois oferece condições ao usuário de escolher o material a partir de suas propriedades e avaliar os aspectos logísticos inerentes à aquisição.

1.4 Solução/Contribuições

Durante a contextualização, observa-se que a logística contribui para o processo de seleção de materiais e para o projeto do produto, quando relaciona todos os fluxos de movimentação, armazenagem e informações que beneficiam não apenas o material individualizado, mas todo o produto. Para isso, é necessário, no modelo proposto, além da análise dos componentes da Ciência dos Materiais (processamento, estrutura, propriedades e desempenho), a inclusão de informações logísticas como diferencial competitivo para as empresas e novo aspecto que auxiliará os projetistas na análise e seleção de materiais.

Diante do contexto, verifica-se a necessidade de inserir informações logísticas nos processos de seleção de materiais, de modo a torná-la mais eficiente. Para isso é necessário montar um sistema de informação logística e adicioná-lo ao processo de seleção de materiais.

Segundo Chopra e Meindl (2004), a implantação de sistemas de informação logística permite reunir informações de interesse de clientes, fornecedores, terceirizados e de outros elementos que fazem parte da cadeia de suprimentos da empresa. Isso possibilita visualizar, de forma mais clara, características dos fornecedores e da demanda de pedidos, de forma a permitir à gerência definir os parâmetros de produção e estoque eficientemente.

Por intermédio da utilização de sistemas de informação logística, pode-se ampliar a integração de atividades que estejam associadas à transformação e ao fluxo de bens/serviços, de empresas que atuam como fornecedores das matérias-prima aos usuários finais, incluindo o fluxo de informação necessário para obter esse resultado. É possível associar essa ferramenta de gestão a empresas de todos os ramos e portes, reforçando a ideia da importância da gestão eficiente. Sendo assim, tais fatos reforçam a ideia das vantagens da utilização de um modelo de seleção de materiais que inclua informações logísticas.

Para introduzir o aspecto logístico no processo de seleção de materiais, surge a necessidade de estudar os modelos de seleção desenvolvidos por Ashby (1992), Dieter (1991) e Callister (2006), que serviram como base para a elaboração do modelo proposto neste estudo. Assim, propõe-se detalhar o modelo desenvolvido por Ashby *et al* (2007) exposto no *software* CES EduPack 2005, com o propósito de demonstrar que esse aspecto não foi explorado pelos idealizadores.

Outro ponto a ser explorado neste trabalho é o processo de seleção de materiais utilizado pelas empresas do setor minerometalúrgico que trabalham com a exploração e beneficiamento de materiais metálicos. Para isso, foram selecionadas quatro empresas do setor, com o objetivo de analisar os processos de seleção de materiais e validar o modelo proposto neste estudo. Todas as questões levantadas pela seleção dos materiais e pela logística são relevantes para melhoria de desempenho, no sentido de que se tem um diagnóstico e de que a empresa pode refletir, com base no modelo, sobre a necessidade de utilizar a logística como critério de seleção.

1.5 Organização da tese

A tese está estruturada em oito capítulos. No primeiro capítulo abordam-se a contextualização do estudo, a problemática, os fatores que motivaram o trabalho, a solução e as contribuições. O segundo capítulo está direcionado para a elaboração dos objetivos, hipótese e limitações. No terceiro capítulo realiza a fundamentação teórica, destacando os seguintes tópicos: a Ciência dos Materiais e a Engenharia dos Materiais, seleção de materiais, materiais metálicos, cadeia de suprimentos, logística, sistema de informação gerencial e sistema de informação logística. No quarto capítulo destacam-se as etapas para a realização da pesquisa, a classificação da pesquisa, os instrumentos de coletas de dados, as variáveis, a tabulação e análise dos dados. O quinto capítulo é destinado à elaboração do modelo e o sexto capítulo à

descrição do *software* CES EDU PACK 2005-Modelo de Ashby e equipe. No sétimo capítulo é discutido o processo de seleção de materiais metálicos das empresas pesquisadas do setor minerometalúrgico e é validado o modelo diante da perspectiva dessas empresas. O oitavo capítulo é dedicado às conclusões. No nono capítulo destacam-se as contribuições originais ao conhecimento e, no décimo, a relevância dos resultados. No décimo primeiro capítulo, apresentam-se sugestões para trabalhos futuros. E, por fim, são apresentados as referências bibliográficas e os anexos.

2. OBJETIVOS/ HIPÓTESE/LIMITAÇÕES DO ESTUDO

2.1 Objetivo geral

Elaborar um modelo de seleção de materiais metálicos para o setor minerometalúrgico aplicando a logística como diferencial no processo de seleção de materiais e fornecedores.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar um estudo teórico sobre os principais conceitos relacionados à Ciência dos Materiais, estrutura e propriedades de materiais metálicos, seleção de materiais, cadeia de suprimentos, logística, sistemas de informação gerencial, sistemas de informação logística;
- Definir, a partir da fundamentação teórica, as variáveis e seus respectivos indicadores para elaboração do modelo teórico em forma de fluxograma;
- Realizar a inter-relação entre os indicadores, com o propósito de selecionar aqueles que contribuirão para a formação do modelo teórico;
- Elaborar o fluxograma do modelo teórico a partir dos indicadores selecionados;
- Implementar o modelo teórico para verificar a sua aplicabilidade;
- Realizar estudos de casos com as seguintes etapas:
 - ✓ Apresentar o modelo de Ashby explícito no software CES Edu Pack 2005 e investigar se aspectos logísticos fazem parte dos critérios de seleção adotados pelo modelo;
 - ✓ Elaborar um instrumento de coleta de dados;
 - ✓ Selecionar empresas do setor minerometalúrgico;

- ✓ Aplicar o instrumento de coleta de dados nas empresas selecionadas;
- ✓ Analisar o processo de seleção de materiais utilizado pelas empresas e validar o modelo.

2.3 Hipótese

- As empresas do setor minemetarlúrgico não utilizam o aspecto logístico como critério de seleção no processo de seleção de materiais metálicos.

2.4 Limitações do estudo

Na etapa destinada à seleção das empresas do setor minerometarlúrgico, o pesquisador verificou resistência em contribuir para o estudo. Foram contactadas 12 empresas do setor minerometarlúrgico, mas apenas 4 se disponibilizaram a participar da entrevista. Especialistas de 5 empresas explicaram que não poderiam participar da entrevista porque o setor de suprimentos/logística/compras apresenta informações sigilosas e a diretoria não permite que essas informações sejam divulgadas. Especialistas de 3 empresas alegaram que não teriam disponibilidade para receber o pesquisador e que estariam com a agenda comprometida durante todo o ano.

Especialistas das 4 empresas, designadas por A, B, C e D, que se disponibilizam, alegaram ter restrições para responder a algumas questões em relação às especificações dos materiais, pois as informações pertenciam aos fornecedores e não estavam autorizadas a divulgá-las. Observou-se resistência dos especialistas em divulgar suas atribuições e responsabilidades profissionais, pois, segundo eles, o foco eram informações da empresa e não de suas carreiras profissionais. O especialista da empresa D não julgou necessário completar as informações anteriormente disponibilizadas sobre sua carreira profissional.

Diante das limitações enfrentadas nesta etapa do estudo, buscou-se explorar e discutir, da melhor forma possível, as informações disponibilizadas pelos especialistas no capítulo oitavo. É importante relatar, que mesmo havendo algumas restrições, as perguntas mais interessantes para o estudo foram respondidas, certificando-se que os fornecedores e as empresas pesquisadas não possuem um sistema que selecione o material, a partir da interface de informações técnicas do material e de informações logísticas, alegando ser um importante instrumento para a tomada de decisão.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo realiza-se um estudo teórico sobre a Ciência dos Materiais e a Engenharia dos Materiais, estrutura e propriedades de materiais metálicos, seleção de materiais, cadeia de suprimentos, logística, sistemas de informação gerencial e sistemas de informação logística, com o propósito de embasar, teoricamente, o estudo e propiciar condições para discutir os dados relevantes para a conclusão do trabalho.

3.1 A CIÊNCIA DOS MATERIAIS E A ENGENHARIA DOS MATERIAIS

O avanço científico está intimamente ligado à capacidade do homem de alterar o ambiente no qual se encontra inserido. Nesse sentido, a Ciência dos Materiais e a Engenharia dos Materiais surgem para explicar o desenvolvimento e a aplicação dos materiais ao longo dos anos.

Callister (2006) mostra que a evolução do homem está ligada ao desenvolvimento da Ciência dos Materiais, pois, desde tempos remotos, se observa a aplicação dos materiais naturais em atividades relacionadas a transporte, habitação, alimentação, proteção, entre outras finalidades. Contudo é importante destacar que nesse primeiro momento a variedade de materiais aos quais o homem tinha acesso era mínima.

De acordo com Assunção (1999), o homem, com o tempo, passou a dominar e entender uma gama mais ampla de materiais, o que levou a considerável aumento de tecnologia. Tais avanços permitiram que um número ainda maior de materiais fosse manipulável. Atualmente, existem equipamentos e métodos capazes de trabalhar um número superior a 80.000 diferentes materiais. Foi esse grande volume de informações que levou à necessidade de maior organização do conhecimento, dando origem à Ciência dos Materiais.

Assim, o estudo de materiais tornou-se necessidade básica para a produção de qualquer tipo de produto, em função do uso e da funcionalidade. Para isso, a Ciência dos Materiais e a

Engenharia de Materiais assumem importantes papéis. A primeira é responsável pelo estudo da estrutura e propriedade do material, enquanto a segunda se responsabiliza pelo projeto ou engenharia da estrutura do material.

Portanto é indispensável conhecer o conceito de material e o fator-chave da área. Explica Van Vlack (2003, p.15): “materiais são substâncias cujas propriedades as tornam utilizáveis em estruturas, máquinas, dispositivos ou produtos consumíveis”. Portanto existem diversos tipos de materiais, como metais, cerâmicas, polímeros, vidros, fibras, madeiras, areias, rochas, semicondutores, supercondutores e vários conjugados.

É importante observar que, para trabalhar com materiais, é necessário entender tudo que está relacionado com eles, da origem ao destino final. Dessa forma, estudar seu ciclo de vida favorece para que a Ciência dos Materiais e a Engenharia dos Materiais entendam melhor as condições de trabalhar com eles e as consequências que oferecem para a sociedade em relação a fatores ambientais, sociais, econômicos e políticos. Conhecer o ciclo de vida dos materiais possibilita a compreensão do sistema global de transformação, desde a extração e o processamento em materiais primários e posteriormente em um produto para ser consumido pela sociedade.

Um exemplo prático de ciclo é este: os materiais são extraídos no estado bruto pelos processos de mineração, escavação, perfuração; em seguida são transformados em lingotes metálicos ou produtos petroquímicos; depois são convertidos em um perfil estrutural de aço, concreto ou componentes plásticos. O ciclo não para nessa etapa, existindo outra, que preocupa atualmente toda a sociedade: o que fazer com o produto final no *status* pós-consumo, de reciclagem, porém nem todos os produtos podem ser reciclados. Assim, é melhor caracterizar essa etapa como pós-consumo ou destino final do produto.

Para que este ciclo funcione de forma adequada, é necessário que a Ciência dos Materiais e a Engenharia dos Materiais se empenhem no sentido de gerar e aplicar conhecimento que relacione a composição, a estrutura e o processamento de materiais com suas propriedades e usos. Além de utilizar e gerar conhecimento científico, necessita do conhecimento empírico, com o propósito de desenvolver, transformar, modificar e aplicar os materiais que atendam às exigências do consumidor. A Figura 3.1 apresenta os elementos centrais da Ciência dos Materiais e da Engenharia dos Materiais, e a interação com o conhecimento científico e empírico, sendo o primeiro baseado na ciência e entendimento básico, e o segundo, nas

necessidades e experiências sociais. Além de apresentar esta interação, os elementos estrutura, propriedades, desempenho e processamento complementam a Figura 3.1, como os meios necessários para que o material seja devidamente transformado para atender à função que deverá desempenhar.

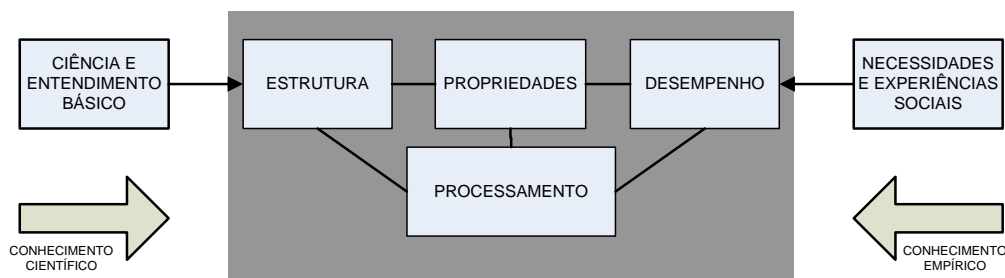


Figura 3.1- Elementos centrais da Ciência dos Materiais e a Engenharia dos Materiais em relação aos fluxos de conhecimento
Fonte: Adaptado de Van Vlack (2003)

A organização do conhecimento sobre materiais possibilitou o desenvolvimento de várias frentes de pesquisa com grande importância econômica para os países e, principalmente, para as empresas, destacando-se os estudos que envolvem seleção de materiais.

Com o objetivo de auxiliar a Ciência dos Materiais e a Engenharia dos Materiais, a área de seleção de materiais surgiu como instrumento necessário na escolha adequada para a produção de determinado produto. A seguir, o item 3.2 trata da seleção de materiais e de suas características gerais e específicas.

3.2 SELEÇÃO DE MATERIAIS

Diante de uma grande variedade de processos industriais e da crescente demanda por maior desempenho, o estudo das aplicações dos materiais se tornou imprescindível nos processos de seleção de materiais.

Como foi relatado no item 3.1, a seleção de materiais surgiu para fornecer suporte para a Ciência dos Materiais e a Engenharia dos Materiais no sentido de auxiliar o engenheiro no processo de escolha ou seleção de determinado material. Para isso é necessário conhecer

estrutura química, arranjo atômico, fator de empacotamento, propriedades, além de função a ser desempenhada pelo produto, em relação ao material utilizado como matéria-prima.

Observa-se, a partir da literatura, que a seleção de materiais se tornou, ao longo dos anos, etapa imprescindível do projeto e da fabricação de novos produtos e alvo de estudos de entidades públicas e particulares, devido à sua grande importância econômica. Na trajetória do desenvolvimento tecnológico, a seleção de materiais tem contribuído para indicar a direção das tendências tecnológicas e econômicas nos projetos de produto.

Para Ashby *et al* (2007), a seleção de materiais analisa o projeto do produto, comumente chamado de *design*, por meio de quatro fatores essenciais: material, função, processo e forma. Quando se projeta o produto, o projetista analisa os materiais responsáveis pela fabricação do produto, relacionando a forma e a função apresentada pelo produto final, e direciona o processamento para atender a essas necessidades. A Figura 3.2 descreve os quatro fatores que auxiliam a seleção de materiais na escolha do material adequado para a fabricação de determinado produto, segundo a visão de Ashby *et al* (2007).

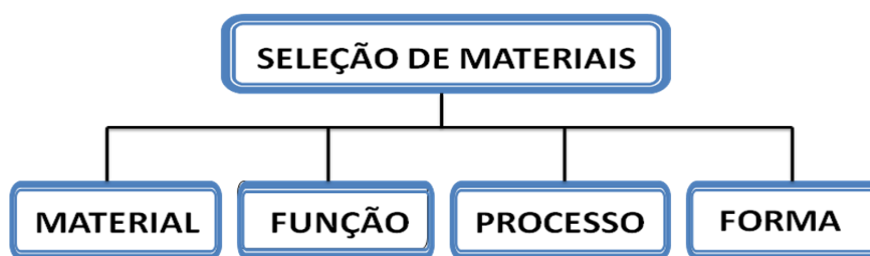


Figura 3.2- Fatores analisados pela seleção de materiais
Fonte: Adaptado de Ashby (1992)

De acordo com Tomasi & Botta (1991), na seleção de materiais fica clara a forte relação entre estrutura, propriedades, processamento e aplicação de materiais.

Segundo Crane (1987), outros fatores estão diretamente relacionados à seleção de materiais, como custos, análise de valor, ciclo de vida do produto, controle de qualidade e especificações, análise de falhas, propriedades mecânicas, térmicas, ópticas, elétricas, magnéticas.

Dieter (2001) considera que, para seleção de materiais candidatos para o produto estudado, deve-se observar desempenho, custo, aplicabilidade e disponibilidade. Neste processo, o

estudo adequado de vários materiais é necessário em virtude de ser apenas uma proposta, sendo necessário comparar diversos materiais ou até mesmo agregar diferentes materiais para a fabricação de determinado produto.

De acordo com Botelho (2003), a análise e a seleção de materiais têm contribuído para indicar a direção de tendências tecnológicas e econômicas nos projetos de produto em função das exigências da sociedade. Logo as necessidades da sociedade se apresentam como principal fator motivador para o desenvolvimento da análise e seleção de materiais. Nesse sentido, Ferrante (2002) mostra que a seleção de materiais passa a ser uma atividade que envolve uma gama de conhecimentos técnicos, cuja amplitude dificilmente é abrangida por um único tipo de profissional. Dessa forma, as empresas que trabalham com a atividade buscam a formação de equipes diversificadas nos ramos das ciências, engenharia, economia e administração.

Inúmeros estudiosos desenvolveram ferramentas e métodos para auxiliar no processo de seleção de materiais, contudo não existem grandes diferenças de fundamentação entre eles.

Na década de 80, Dieter *apud* Assunção (1999) desenvolveu seu modelo de estudo na área de materiais, que serviu de base para a formulação de estudos mais modernos, utilizados em várias empresas e centros de pesquisa. Dieter (2001) organiza o processo de seleção de um material da seguinte forma:

- Análise dos requerimentos para materiais: nesta fase, são determinadas as condições de serviço, inclusive do ambiente, e traduzidas em termos de possibilidades de materiais a serem selecionados.
- Eliminação de materiais e processos candidatos: comparam-se as propriedades necessárias com a base de dados de materiais disponíveis, selecionando os materiais mais prováveis para atender às determinações do processo produtivo. O objetivo principal desta fase é diminuir o número de materiais possíveis, levando para a fase seguinte apenas aqueles que mereçam melhor análise.
- Seleção de materiais candidatos: análise dos materiais abordando desempenho, custo, aplicabilidade, disponibilidade, entre outros fatores. Na comparação de materiais, verifica-se a possibilidade de alterar o projeto (que também ainda está sob forma de proposta) para agregar alguns materiais.

O modelo proposto por Dieter, de acordo com Botelho (2003), sofreu modificações em relação ao enfoque que pesquisadores mais contemporâneos atribuíram aos modelos de seleção de materiais.

Segundo Callister (2006), existem outros critérios importantes que devem ser levados em consideração no processo de desenvolvimento de novos produtos, para maximizar a chance de este 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. Contudo são relevantes para a competitividade do produto. Por esse motivo, o modelo proposto pelo autor é de caráter mais econômico que os demais.

Ainda de acordo com Callister (2006), a seleção de materiais envolve as etapas de:

- Projeto do componente: destaca-se a complexidade do detalhamento dos componentes, onde o grau de detalhamento leva a seleção de materiais a direcionar o foco para o estudo das atribuições de cada componente por vez.
- Análise de materiais: destaca-se a procura pela combinação mais adequada das propriedades dos materiais sob o menor custo possível, não se restringindo ao custo final. É preciso considerar os custos com transporte, armazenamento, processamento, pré-montagem, resíduos, desperdícios, manutenção, produção em escala, manutenção em serviço, reposição e renovação, entre outros.
- Processamento: fase onde os pontos primordiais são o material e o projeto da peça, focando-se no processo de fabricação.

Percebe-se que o modelo proposto por Callister é um desdobramento do modelo de Dieter. Como já foi mencionado, a diferença principal entre os modelos está no enfoque e nas ferramentas utilizadas para atingir um número reduzido de materiais possíveis.

Nesse sentido, dá-se destaque ao 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 as necessidades do mercado, possibilidades dos processos de fabricação e propriedades dos materiais.

A aplicação desse modelo se dá por meio das seguintes etapas:

- Etapa de Eliminação: partindo dos requisitos para o produto, faz-se uma pesquisa detalhada no banco de dados a fim de eliminar os materiais que não se enquadram nas especificações de projeto. Os resultados desta etapa são exibidos sob a forma gráfica, nos chamados Mapas das Propriedades dos Materiais, que representam uma das grandes contribuições do modelo do autor para as pesquisas em seleção de materiais, uma vez que relacionam inúmeros materiais quanto às propriedades específicas, de valor para o processo de seleção, e consequentemente para as características finais dos produtos da organização.
- Etapa de Informações Complementares: São necessários dados mais específicos e técnicos a fim de determinar o material mais adequado ao processo. São avaliadas questões referentes a custos, disponibilidade, fornecedores, manuseio, entre outras.

Assunção (1999) afirma que a ausência de algum elemento no banco de dados ou a falta de precisão das informações contidas neste pode levar a um erro de seleção.

O trabalho de Ashby *et al* (2007) culminou com a elaboração de quatro sistemáticas distintas para o processo de seleção de materiais. A Tabela III.1 apresenta as quatro sistemáticas, das quais se deve destacar a Seleção de Materiais por Análise, devido à vasta aplicação nas organizações.

Tabela III.1- Modelos de seleção elaborados por Ashby

Seleção por Análise	Consiste na busca de materiais e processos em bancos de dados numéricos através de atributos desejados ou de condições restritivas. Atributos desejados são condições que se deseja otimizar, em geral trabalhadas através de índices de mérito. Condições restritivas são requisitos de desempenho mínimos ou indesejáveis.
Seleção por Similaridade	Neste método os atributos da solução existente são enumerados e ordenados segundo importância. Os critérios de maior importância são fixados e os de menor, relaxados. Em um banco de dados sobre materiais e processos esses valores são comparados com outros materiais a fim de escolher o mais adequado.
Seleção por Síntese	Consiste da busca de informações sobre materiais e processos em produtos existentes, através de seus atributos de percepção.
Seleção por Inspiração	Consiste da livre busca por materiais, processos e produtos de maneira aleatória ou por interesse do pesquisador, que “navega” pelos exemplos do banco de dados em busca do material que atende as suas necessidades.

Fonte: Adaptado de Walter (2006)

Percebe-se, pelas informações da Tabela III.1, que os métodos de seleção de materiais reúnem ferramentas e técnicas para manipular um grande volume de informações sobre os materiais existentes, de maneira a formar metodologias de estudo capazes de trabalhar conteúdos de alta complexidade e cunho técnico.

De acordo com o contexto, verifica-se, a partir da conceituação de seleção de materiais e dos modelos de seleção apresentados, que os aspectos logísticos não estão inseridos nos modelos, apesar de representarem fatores indispensáveis quando se analisa a competitividade de produtos e processos. Isso reforça a importância do atual estudo e remete aos conceitos de logística e cadeia de suprimentos, que serão abordados na sequência deste trabalho.

Machado *et al* (2008) destacam que o desenvolvimento de produto corresponde a uma série de atividades organizadas com o objetivo de transformar um conceito de produto em um produto acabado, tangível. E diz que o desenvolvimento começa com a percepção de uma oportunidade de mercado e termina com uma produção, venda e entrega. Dessa forma, atividades de projeto do produto, projeto do processo de fabricação e projeto do sistema de manufatura são essenciais no desenvolvimento do produto. Verifica-se que a execução dessas três etapas apresenta estreita relação com a seleção do material adequado, estabelecendo, pois, uma interface entre o projeto do produto e a seleção de materiais. Ettore (1991) afirma que a análise dos fatores que influenciam o projeto do produto e o processo de fabricação é fundamental para a seleção mais conveniente dos materiais a serem usados.

Para Dieter (1991), uma vez definidas as melhores opções de materiais em função das necessidades atribuídas ao projeto, os custos, a localização, a disponibilidade, os fornecedores, os processos, a tecnologia da informação e a comunicação surgem como adicionais e indispensáveis no sentido de reduzir custos e de agregar valor, na etapa de execução do projeto. Portanto a logística é inovadora e necessária, pois agrega valor ao produto, reduzindo custos, desde o ponto de aquisição dos materiais, passando por sua transformação em produto acabado e chegando à distribuição para o consumidor final. Para comprovar essa abordagem, a análise de valor, segundo Pahl (2005), tem como principal objetivo a redução de custos, não só no processo de fabricação, mas no sistema global em que está inserido o produto. Portanto falar do sistema global é tratar da cadeia logística, que representa todos os envolvidos, desde o fornecimento da matéria-prima até o retorno do produto após o consumo final. Destaca-se, desse modo, o ciclo de vida da matéria-prima e do produto, que retorna ao ponto de origem.

O mercado nacional e internacional, caracterizado pela grande competitividade, reforça a ideia proposta neste estudo: são necessárias contribuições da logística no processo de seleção de materiais metálicos, a fim de considerar novos indicadores, de caráter gerencial e logístico, durante o processo de seleção, para aplicação direta no processo produtivo ou aplicação indireta.

Para direcionar melhor o estudo, o modelo de seleção de materiais tem como foco de pesquisa a seleção de materiais metálicos, cujas características são apresentadas no tópico 3.3.

3.3 MATERIAIS METÁLICOS

O presente estudo exige conhecimento de materiais metálicos no que diz respeito às propriedades e à microestrutura, de maneira a permitir compreensão da escolha das variáveis que serão trabalhadas pelo modelo logístico.

Segundo Padilha (2007), materiais são substâncias que se tornam úteis na construção de máquinas, estruturas, dispositivos e produtos. São as substâncias utilizadas pelo homem para “construir coisas”. De acordo com Van Vlack (2003), a classificação tradicional dos materiais sólidos se dá em três grandes grupos: metálicos, cerâmicos e polímeros. Estudos atuais já aceitam outras categorias de materiais, dentre as quais se destacam os compósitos e os semicondutores.

Callister (2006) caracteriza materiais metálicos como combinações de elementos metálicos. Nesse conjunto de átomos, existe grande número de elétrons não localizados, fator que confere a esses materiais inúmeras das propriedades que os tornam de grande utilidade para o homem. O autor ainda dá destaque para o fato de que a estrutura dos materiais está intimamente ligada às propriedades observadas durante o beneficiamento e a utilização.

A estrutura atômica dos materiais metálicos recebe o nome de estrutura cristalina em estudos dos principais pesquisadores da área, como Ashby *et al* (2007), Callister (2006) e Van Vlack (1984). Segundo Van Vlack (2003), todos os metálicos, parte dos cerâmicos e alguns polímeros apresentam esse tipo de estrutura, na qual os átomos se arranjam num modelo tridimensional, com ordenação e repetição.

Para Callister (2006), torna-se conveniente, ao trabalhar com estruturas cristalinas, subdividi-las em células unitárias, elementos fundamentais que compõem a estrutura formal, mas que apresentam as características necessárias para o estudo do material. Outros autores que estudaram materiais, como Ashby *et al* (2007) e Van Vlack (1984), orientaram seus trabalhos sob a mesma ótica.

Devido ao tipo de ligação interatômica existente nos materiais metálicos, a organização da sua estrutura pode ser marcada por tipos distintos de células unitárias. Os três tipos mais comuns são: a estrutura cúbica de face centrada (CFC), a estrutura cúbica de corpo centrado (CCC) e a estrutura hexagonal compacta (HC).

Segundo Callister (2006), a estrutura cúbica de face centrada (CFC) apresenta célula unitária de geometria cúbica, na qual se observam átomos em cada um dos cantos e nos centros das faces da geometria. O cobre, a prata, o ouro e o alumínio apresentam esse tipo de estrutura, que ainda é caracterizada pelo maior empacotamento atômico em comparação com os outros tipos de células unitárias. Segundo o autor (2006), a estrutura cristalina de corpo centrado (CCC) consiste em um cubo no qual os átomos se encontram no centro e nas arestas da geometria. O cromo, o tungstênio e o ferro apresentam esse tipo de célula unitária.

Menos comum que as duas apresentadas, a estrutura hexagonal compacta (HC) consiste em um arranjo em forma de hexágono, com um átomo localizado no centro da geometria. O magnésio, o titânio e o zinco apresentam esse tipo de célula unitária.

Deve-se observar que, em condições favoráveis de temperatura e pressão, a estrutura cristalina de um metal pode assumir diferentes formas de células unitárias, como é o caso do ferro (Fe), que muda de estrutura CCC para CFC, quando sofre aquecimento acima de 912°C.

Em decorrência do tipo de estrutura de um metal, suas propriedades sofrem variação e, com isso, a aplicação também. Essa é a importância do entendimento da estrutura para a seleção adequada, no sentido de oferecer as propriedades necessárias ao produto final.

Segundo Santos (2006), outra observação que deve ser feita quanto ao estudo da estrutura cristalina de um metal é o estudo das imperfeições. Apesar do estudo teórico das estruturas cristalinas, observa-se, nos casos práticos, que irregularidades e imperfeições são frequentes. Sendo assim, o estudo desses defeitos é relevante para a compreensão das características do material.

Após a conceituação da estrutura interna dos materiais metálicos, fica destacada a forte relação entre a estrutura cristalina e as propriedades apresentadas.

Segundo Van Vlack (2003), o material na forma de produto acabado deve apresentar uma série de propriedades, como dureza, resistência mecânica, densidade, condutividade, que atendem às necessidades do projeto do produto. Para adquirir essas propriedades necessárias, a estrutura interna sofre alterações, de forma a permitir um processamento mais fácil, que possibilita o uso nos processos industriais.

Para Padilha (2007), muitas propriedades dos materiais metálicos estão atreladas fortemente à estrutura interna, sendo essas, na maioria dos casos, determinadas pela quantidade, tamanho, forma e distribuição das células unitárias e dos defeitos cristalinos. Por outro lado, algumas propriedades apresentam relação fraca com a estrutura, dependendo basicamente da natureza do material.

A Tabela III.2 relaciona algumas propriedades dos materiais metálicos, forte ou fracamente relacionadas à estrutura, que são de alguma forma importantes para a escolha dos processos industriais a que será submetido:

Tabela III.2-Relações das propriedades com a estrutura cristalina do material

Propriedades fortemente dependentes	Propriedades pouco dependentes
Limite de escoamento	Módulo de elasticidade
Limite de resistência	Módulo de cisalhamento
Alongamento	Módulo de compressibilidade
Tenacidade	Coefficiente de Poisson
Temp. de Transição Dúctil – Frágil	Densidade
Condutividade elétrica	Calor específico
Resistência à corrosão	
Resistência ao desgaste	
Resistência ao impacto	

Fonte: Padilha (2007)

Segundo Martins (2006), as propriedades gerais de um metal podem ser subdivididas em dois grandes grupos: propriedades físicas e químicas e propriedades mecânicas. Todas elas estão, direta ou indiretamente, relacionadas e têm peso nas tomadas de decisão do projeto do produto final.

Na Tabela III.3 estão dispostas as propriedades principais dos dois grupos propostos por Martins (2006). Deve-se ressaltar que, além das propriedades encontradas na Tabela III.3, inúmeras outras podem assumir papel de importância no estudo dos materiais metálicos.

Tabela III.3- Propriedades dos materiais metálicos

Propriedades Físicas e Químicas	Propriedades Mecânicas
Aspecto e textura	Tensão
Cor	Deformação
Brilho	Falha de um material
Densidade	Fratura
Durabilidade	Resistência à tração
Propriedades elétricas	Resistência à compressão
Condutividade	Resistência à flexão
Resistividade	Resistência à torção
Supercondutividade	Módulo de elasticidade
Termoeletricidade	Deformação plástica
Propriedades térmicas	Tenacidade
Capacidade térmica	Flexibilidade
Dilatação térmica	Elasticidade
Condutividade térmica	Plasticidade
Propriedades acústicas	Ductilidade
Propriedades ópticas	Maleabilidade
	Resistência à fadiga
	Dureza
	Resistência ao desgaste

Durante o processo de seleção de materiais, os tomadores de decisão utilizam diversas propriedades e características estruturais listadas na Tabela III.3, para verificar a adequação ao processo ou produto desejado. Fica evidente, pois, a importância da compreensão desses conceitos para a execução dos métodos de forma apropriada.

Descritas as características principais da Ciência dos Materiais e da Engenharia dos Materiais, de seleção de materiais e materiais metálicos, surge a necessidade de conhecer os conceitos de cadeia de suprimentos, logística, sistema de informação logística e banco de dados.

3.4 CADEIA DE SUPRIMENTOS

As empresas têm destinado recursos monetários e humanos para atingir níveis maiores de competitividade, com o objetivo de manter suas posições no mercado e no aumento do rendimento econômico.

Segundo Fayet (2003), pode-se dizer que a gestão da cadeia de suprimentos é uma extensão da logística integrada, pois esta representa uma integração das atividades no interior das organizações, enquanto a gestão da cadeia de suprimentos envolve integração da corporação com o ambiente externo ligado a ela. Dessa forma o conceito de cadeia de suprimentos ultrapassa o de cadeia logística.

Essa definição é defendida pelo Council of Logistics Management (2004), segundo o qual a gestão da cadeia de suprimentos representa uma coordenação estratégica e sistêmica das funções de negócios tradicionais, com o propósito de aprimorar o desempenho, por longo prazo, das companhias inseridas na cadeia.

Christopher (1999) considera que a cadeia de suprimentos representa uma rede composta por organizações que produzem valor sob a forma de bens e serviços oferecidos a certo público. Essa rede é formada por ligações de duplo sentido e envolve diferentes processos e atividades.

Segundo Chopra & Meindl (2004), uma cadeia de suprimentos reúne os estágios envolvidos no atendimento ao pedido de um cliente. Acrescentam que a cadeia não inclui apenas fabricantes e fornecedores, mas também transportadores, pontos de estoque e clientes.

No interior das organizações, a cadeia considera todas as funções que envolvem os pedidos, como desenvolvimento de novos produtos, marketing, distribuição, finanças e o serviço de atendimento ao cliente.

A Figura 3.3 representa, de forma simples, uma cadeia de suprimentos, destacando os componentes fundamentais, bem como os agentes de movimentação de bens. É importante salientar que, de acordo com o porte da empresa e o tipo de mercado em que atua, essa cadeia sofre diferenciações, tanto na natureza dos transportes, como no número de centros de distribuição e mercados consumidores.

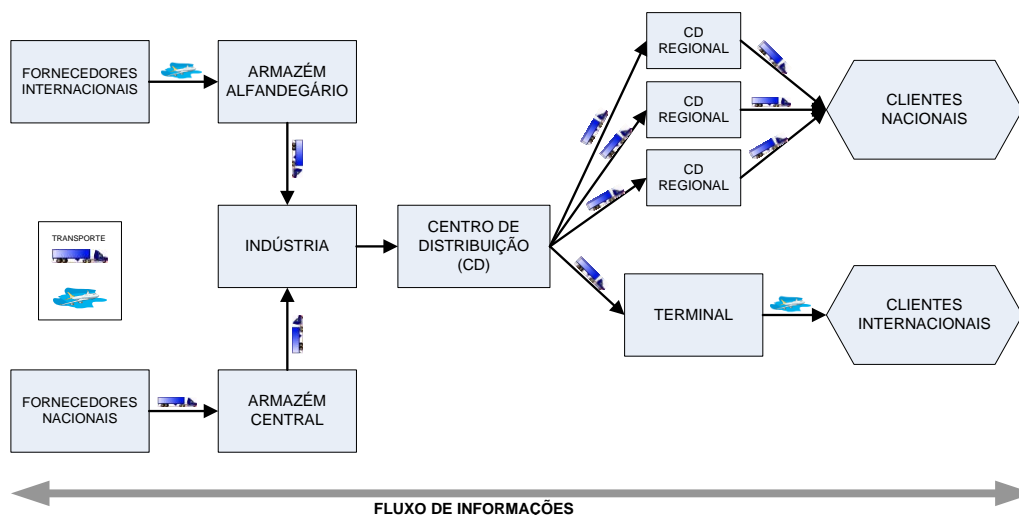


Figura 3.3-Esquema de uma cadeia de suprimentos genérica
Fonte: Adaptado de Ballou (2006)

Segundo Paiva (2009), os indicadores de desempenho de uma cadeia logística compreendem os níveis estratégicos, táticos e operacionais. Além disso, o desempenho considera três questões principais: agilidade (habilidade da cadeia de suprimentos em responder eficientemente às mudanças na demanda e no fluxo de suprimentos); adaptabilidade (disposição das empresas que compõem a cadeia de se reorganizarem diante de novos desafios e mudanças de mercado); alinhamento (consistência da estratégia de todas as empresas participantes, avaliando o relacionamento e comunicação na cadeia criada para enfrentar as cadeias concorrentes).

De acordo com Taylor (2005), houve uma mudança radical na natureza da concorrência. A disputa pelo domínio no mercado está sendo travada entre cadeias de suprimentos e não entre empresas rivais, como era há algumas décadas. Para ele, na indústria moderna, parte considerável dos excessos de tempo e custos já foi excluída, de forma que melhorias no ambiente interno das fábricas são menos frequentes e, geralmente, de menor impacto no desempenho. Mas as cadeias de suprimentos ainda apresentam erros de gestão e desperdícios

diversos, fato que representa grande oportunidade para diferenciação e conquista de vantagens competitivas em relação às cadeias de suprimentos rivais.

Para Bradley (1998), a gestão eficiente da cadeia de suprimentos permite a obtenção de vantagens competitivas e aumento do poder econômico da organização. Diante das vantagens de atuar no nível da cadeia, são investidos recursos massivos na obtenção de eficiência logística, conforme o tópico a seguir.

3.5 LOGÍSTICA

Diante das mudanças que ocorreram no perfil dos consumidores, as empresas foram obrigadas a adaptar seus processos produtivos, de maneira a atender aos requisitos de preço e de qualidade. Nesse sentido, os aspectos logísticos ganharam grande importância, assumindo valor estratégico para o bom desempenho das corporações nos mercados onde atuam.

Segundo Bowersox & Closs (2001), a importância da logística está na concentração de esforços em disponibilizar serviços, nos menores tempos possíveis e nos locais onde ocorre demanda. Essa ideia foi defendida por Ballou (1993), segundo o qual logística é dispor o produto certo, na hora certa, no local certo e ao menor custo possível.

Desdobrando os conceitos já apresentados, tem-se, pela abordagem de Christopher (1999), que a logística é caracterizada como o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, através da organização e de canais de marketing, maximizando a lucratividade nos horizontes do presente e futuro, pelo atendimento, a baixo custo, aos pedidos.

Devido à velocidade com que a logística avança, impulsionada principalmente pelos avanços tecnológicos das áreas de informática e TI, observa-se que esse conceito já se encontra ultrapassado. Os aspectos logísticos estão presentes em outras atividades, além das citadas pelo autor.

O conceito apresentado pelo Council of Logistics Management (2004) é um dos mais completos na literatura atual: a logística envolve o processo de planejamento, implementação

e controle, de forma eficiente e eficaz, dos fluxos de bens e informações, da origem, no interior da organização, até o consumidor final, sempre com o objetivo de atender aos anseios do cliente.

A Figura 3.4 traduz os conceitos de logística tratados a partir da ideia dos fluxos de bens e informações.

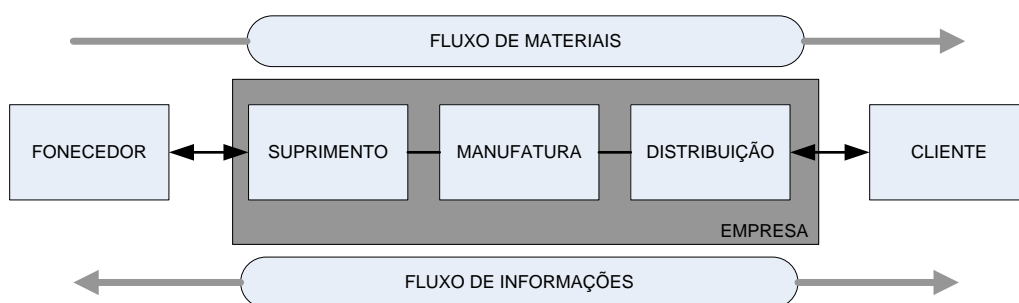


Figura 3.4-Fluxos Logísticos

Fonte: Adaptado do Council of Logistics Management (2004).

Percebe-se, pela Figura 3.4, que o fluxo de materiais é mais visível do que o de informações no gerenciamento logístico. Ele é a representação das matérias-primas, materiais consumidos e produtos finais. Geralmente se movimenta do fornecedor ao cliente, contudo esse comportamento muda, no caso de produtos que são recicláveis, para aqueles nos quais a empresa realiza uma engenharia reversa.

Outra observação a respeito do conceito ilustrado na Figura 3.4 é que o fluxo de informações tem duplo sentido: os fornecedores informam os clientes sobre disponibilidades e prazos de entrega, enquanto os clientes fornecem informações a respeito da demanda e *feedback* dos pedidos. Esse fluxo vem ganhando mais espaço diante das decisões estratégicas da empresa, conforme Christopher (1999).

Bowersox & Closs (2001) acrescentam que o principal objetivo do fluxo de informações é planejar e executar operações logísticas de forma integrada. Destacam que recentemente o pensamento gerencial tem passado por mudanças, no sentido de valorização da visão do cliente sobre o produto ou serviço. Dessa forma, observa-se o afastamento do foco logístico das questões de transporte e custo, partindo para a agregação de valores aos clientes.

Essas mudanças de pensamento gerencial trouxeram inúmeros benefícios para as organizações bem como inovações nas formas tradicionais de administração. Um dos elementos advindos dessa mudança é a ideia de cadeia de valor.

Todas as informações expostas anteriormente mostram que as novas exigências para a logística nas empresas são pelo maior controle e identificação de oportunidades de redução de custos e prazos de entrega, aumento da qualidade dos produtos, maior eficiência nas entregas, inovações tecnológicas e aumento de lucratividade, com o intuito de atender aos interesses da corporação e dos clientes, com máxima eficiência e eficácia.

Para atender a essas expectativas, as atividades da logística subdividem-se em primárias e de apoio, conforme a Tabela III.4:

Tabela III.4-Atividades logísticas

Atividades Primárias	São necessárias para atingir os objetivos logísticos de custo e nível de serviços. Contribuem para a maior parcela do custo total da logística e são essenciais para a coordenação e cumprimento da tarefa logística. São: transporte, controle de estoques e processamento de pedidos.
Atividade de Apoio	Suportam as atividades primárias. São: armazenagem, manuseio de materiais, embalagem, proteção, obtenção, programação do produto e manutenção de informação.

Fonte: Adaptado de Benvenuto (2007)

Persiste a ideia de que a logística está atrelada apenas a transporte e movimentação de suprimentos e produtos. Contudo se percebe, pela Tabela III.4, que é função dos coordenadores logísticos executar uma abordagem muito mais ampla e complexa das atividades produtivas.

Segundo Benvenuto (2007), os custos individuais da operação logística apresentam comportamentos conflitantes, de forma que administrar transportes, estoques e processamento de pedidos em conjunto pode representar redução no custo, em comparação com a administração dessas atividades separadamente.

As empresas, em busca de sucesso nos mercados em que atuam, devem aplicar a logística de forma integrada com a cadeia de suprimentos. A atuação de forma isolada impede que a logística passe a representar diferenciação e vantagem competitiva, abrindo espaço para

empresas concorrentes. Diante dessa necessidade de integração, surgiu o conceito de logística integrada.

Na primeira fase, a logística foi aplicada de forma fragmentada e se buscou melhorar o desempenho individual de cada uma das atividades básicas, o que acabava gerando movimentação de gargalos na empresa. Na fase seguinte, diversos fatores evidenciaram que as atividades funcionais deveriam ser executadas de forma integrada para obter-se bom desempenho da organização em conjunto. A partir desse momento a logística evoluiu para a logística integrada.

Segundo Bowersox & Closs (2001), a logística integrada é 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.

Fleury *et al* (2000) afirmam que, para se gerenciar a logística de forma integrada, ela deve ser tratada como um sistema, ou seja, um conjunto interligado de componentes que atuam de forma coordenada e com objetivos comuns.

Segundo Pires *apud* Benvenuto (2007), a logística, nesse novo momento, se baseou em três visões principais. Visão estratégica: destaca-se a integração dos processos de abastecimento, produção e distribuição; visão gerencial: destaca-se o comprometimento entre as gerências de logística, de marketing e vendas; visão operacional: destaca-se o negócio logístico, o relacionamento com a cadeia de suprimentos, o interrelacionamento entre as áreas operacionais, o estabelecimento de uma missão e suas atividades típicas.

Benvenuto (2007) mostra também que é possível perceber que a logística integrada constituiu-se sobre uma sólida base conceitual, de procedimentos e práticas, que permitiu atuar na organização em conjunto, atribuindo a ela valor operacional, tático e estratégico. A essa base deu-se o nome de sistemas de informações gerenciais.

Essa visão de gestão é indispensável para a adoção de propostas de atuação diferenciadas no mundo dos negócios, visando ao ganho competitivo e à gestão da cadeia de suprimentos e tornando fundamental perceber que a logística não deve ser entendida como um setor isolado da empresa. Ela deve ligar toda a organização e reduzir, além do número de atividades do processo, as perdas de informação ao longo do percurso.

3.6 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GERENCIAL (SIG)

Diante da realidade do meio empresarial, onde circula grande volume de informações de toda natureza, um passo acertado diante da necessidade de integração foi o desenvolvimento dos sistemas de informação, em especial os sistemas de informação gerencial (SIG), cuja proposta primordial é dar suporte aos colaboradores da organização ligados ao planejamento e controle.

Segundo Rezende e Abreu (2000), o SIG, também chamado de sistema de apoio à gestão empresarial, executa o processamento de dados das operações e transações operacionais, transformando-o em informações agrupadas para a gestão. Esses dados, agrupados, são de grande relevância nos processos de tomada de decisão, por parte do corpo gestor da organização. Normalmente, essa informação está sob formato de valores totais, percentuais, acumuladores, quantidades ou plurais.

Garcia e Garcia (2003) tratam o SIG como um sistema que produz posições atualizadas no campo de atuação de uma empresa. Isso seria resultado da integração de vários grupos de sistemas de informação que utilizam recursos consolidadores dos diversos setores da organização.

Pode-se dizer, então, que o propósito básico de um sistema de informações gerenciais é ajudar a organização a alcançar suas metas mais elevadas, fornecendo à alta gerência e supervisão detalhes sobre as atividades desempenhadas e as futuras, a fim de permitir controle e organização mais eficiente, possibilitando ainda planejamento de longo prazo coerente com as flutuações dos mercados.

A Figura 3.5 apresenta um modelo simples do conceito de SIG abordado por Rezende e Abreu (2000), onde o fluxo de informações é arranjado de forma a sustentar as decisões estratégicas da empresa, impactando de forma direta nos resultados obtidos pelas ações dos demais colaboradores da organização.

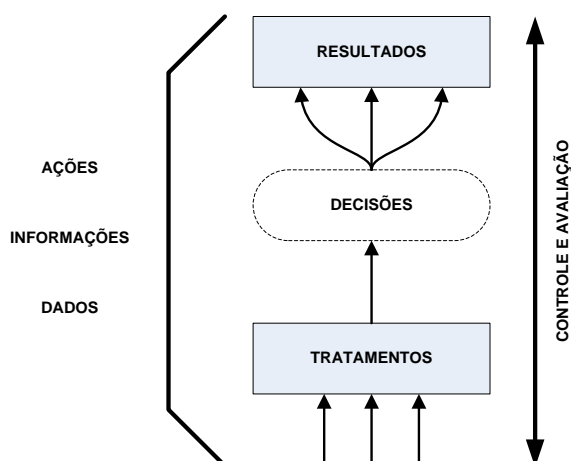


Figura 3.5- Modelo simples de um sistema de informação gerencial
 Fonte: Adaptado de Rezende e Abreu (2000)

Segundo Batista (2004), para a empresa que decide investir nesse tipo de sistema o ideal seria adquirir aquele que permite a inserção de dados de origem interna e externa, de forma a realizar a integração dessas duas esferas vitais. Por dados externos, entende-se que são aqueles cujas fontes são os fornecedores, acionistas, clientes e empresas concorrentes, ao passo que os dados internos são os advindos dos bancos de dados da própria organização. Estes devem estar em constante atualização, para serem o mais possível completos.

Oliveira (2001) afirma que constitui tarefa difícil avaliar quantitativamente os benefícios oferecidos pela utilização desse tipo de sistema de informação. Contudo já são conhecidos, no meio empresarial, vários dos benefícios que podem ser obtidos pela utilização desse recurso, como mostra a Tabela III.5.

Rezende e Abreu (2000) ressaltam que, para a implantação, com sucesso, do SIG, é imprescindível o envolvimento da média e da alta gestão.

Tabela III.5-Benefícios da utilização de um SIG

Tabela de Benefícios advindos da implantação de um SIG	
✓	Possibilidade de redução de custos operacionais;
✓	Possibilidade de melhoria na produtividade;
✓	Possibilidade de melhoria nos serviços oferecidos no meio interno e externo à empresa;
✓	Melhoria na tomada de decisões, por meio do fornecimento acelerado de informações;
✓	Estimulo de maior interação dos elementos tomadores de decisão;
✓	Maior facilidade de previsão das conseqüências das decisões tomadas;
✓	Melhorias na estrutura organizacional, para facilitar o fluxo de informações;
✓	Distribuição de poder organizacional mais eficiente;
✓	Descentralização das decisões da empresa;
✓	Maior capacidade adaptativa da organização.

Fonte: Adaptado de Oliveira (2001)

3.7 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO LOGÍSTICA

Conseguir um sistema de informação de qualidade é fator relevante para o sucesso do sistema logístico, em sua totalidade, pois permite à gerência ter visão completa do processo logístico da corporação, cobrindo estoques, emissão de papéis, entregas, transporte, entre outras atividades já mencionadas. Em síntese, esses sistemas é que possibilitam o fluxo de informações necessárias para fazer previsões e dar respostas, em tempo hábil, a clientes e fornecedores.

Oliveira (2001) apresenta várias vantagens da utilização apropriada 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; redução da mão-de-obra administrativa.

Segundo Ballou (1993), o sistema de informação logística é um subsistema do SIG que disponibiliza as informações necessárias para a administração logística, na empresa, e funciona como elo entre as atividades logísticas nos processos integrados. O autor o divide em três elementos: entradas, sistemas de computador e bancos de dados, saídas. O primeiro diz respeito aos dados que são de relevância para o processo de tomada de decisões, funcionando como a “matéria-prima” que sustenta o sistema. O segundo elemento remete aos processos de tratamento dessas informações, à inteligência do sistema, que muitas vezes envolve cálculos complexos e algoritmos avançados. O terceiro representa a comunicação com o usuário do sistema, a plataforma que prover a interação com os outros sistemas. Esses elementos estão representados na Figura 3.6.

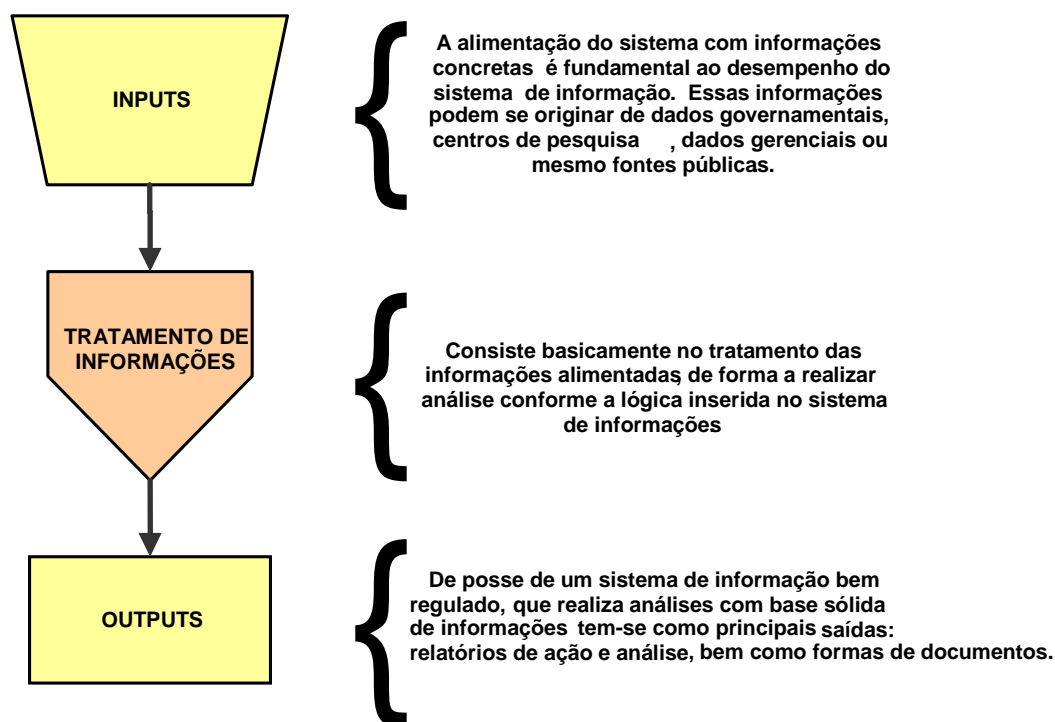


Figura 3.6- Estrutura básica de um sistema de informação logística
Fonte: Adaptado de Ballou (1993)

Para Pereira *apud* Marques (2007), um sistema logístico, no planejamento integrado da corporação, constitui a coluna vertebral da logística, sendo constituído por cinco subsistemas (suprimento, produção, distribuição física de recursos, assistência técnica e logística reversa) que cooperam para alcançar os objetivos gerais do sistema.

Segundo Bowersox & Closs (2001), seis princípios devem ser levados em consideração na análise de eficiência de um sistema de informação logística: a disponibilidade, que envolve a capacidade de gerar as informações que mantêm o sistema em plena condição de atuação; a precisão, que remete à capacidade de gerar informações confiáveis; o tempo hábil, que faz a geração de informações ocorrer com a rapidez suficiente para serem úteis aos processos de decisão; a organização das informações, para que sejam úteis na identificação de problemas e formulação de soluções; a flexibilidade, que remete à ideia de adaptação para as flutuações da cadeia de suprimentos e do mercado; o formato das informações, para apresentar os dados de forma clara, propiciando boa comunicação.

Segundo Chopra & Meindl (2004), a implantação de um sistema como o descrito deve reunir informações de interesse de clientes, fornecedores, terceirizados e de outros elementos que fazem parte da cadeia da empresa, além de fornecer a visibilidade necessária dos fornecedores e da demanda de pedidos, de forma a permitir à gerência definir os parâmetros de produção e estoque.

Chopra & Meindl (2004) afirmam que todos os membros da cadeia de suprimentos integram seus sistemas de informação, para poderem se beneficiar do amplo compartilhamento de informações. Dessa forma minimizam custos logísticos e aumentam a qualidade do serviço prestado na cadeia produtiva, uma vez que a integração promove melhores previsões de demanda.

Partindo dos conceitos apresentados sobre sistemas de informação logística e de sua aplicação no meio gerencial e industrial, destacam-se os benefícios advindos desse sistema, os quais influenciam o desempenho da organização. Tendo isso como premissa, observou-se a necessidade de trabalhar os conceitos da seleção de materiais compartilhados com o sistema de informação logística como forma de completar o arcabouço teórico necessário para atender ao objetivo proposto neste estudo.

4. METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os aspectos metodológicos, com o propósito de direcionar a pesquisa para o atendimento aos objetivos geral e específicos. Assim, apresentam-se as etapas necessárias para a realização da pesquisa, a natureza da pesquisa, a classificação da pesquisa, o instrumento de coleta de dados, as variáveis, a tabulação e a análise dos dados.

4.1 ETAPAS DA PESQUISA

A Figura 4.1 resume as etapas necessárias para a realização da pesquisa.

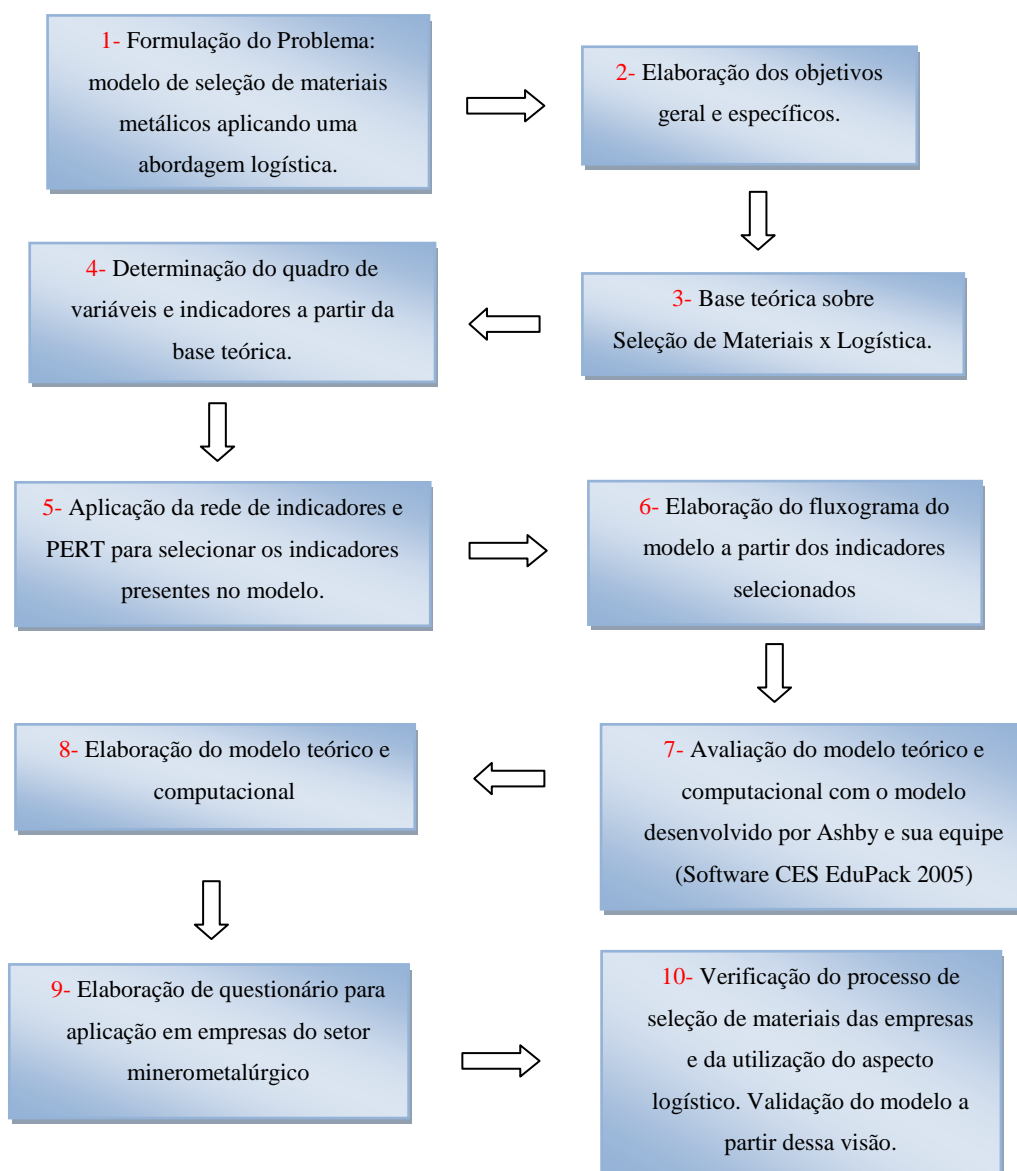


Figura 4.1-Etapas para a realização da pesquisa

Segundo o fluxo ilustrado na Figura 4.1, observam-se, de forma sequenciada, as etapas necessárias para a realização desta pesquisa. A etapa inicial é a formulação do problema de pesquisa, mostrando, por meio do constructo da tese, interface entre a área de seleção de materiais e a logística, e a possibilidade de elaborar um modelo de seleção de materiais metálicos aplicando aspectos logísticos como critérios de seleção. Em seguida, para desenvolver a pesquisa, são apresentados os objetivos geral e específicos, com o propósito de nortear a pesquisa e responder à problemática gerada na etapa inicial. Na terceira etapa, direciona-se para 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, determina-se o quadro geral de variáveis e indicadores, com o objetivo de facilitar a elaboração do modelo e contemplar o maior número de indicadores possíveis. Aplica-se, na quinta etapa, a rede de indicadores e PERT para selecionar, do quadro de variáveis e indicadores, os indicadores que vão compor o modelo. Na sexta etapa, elabora-se, em forma de fluxograma, o modelo teórico por meio dos indicadores selecionados. Na sétima etapa, busca-se avaliar o modelo elaborado com o modelo desenvolvido por Ashby e sua equipe, o *software* CES EduPack 2005. Na oitava etapa, discute-se este modelo e verifica-se a necessidade de otimizá-lo, aplicando novamente a rede de indicadores e PERT e originando, assim, duas redes e dois fluxos. O último fluxograma elaborado origina o modelo otimizado, traduzido em modelo computacional, para verificar a possibilidade de interrelação entre os indicadores presentes no modelo teórico. A nona etapa está direcionada para a elaboração do questionário, com o intuito de verificar, na décima etapa, como as empresas do setor minerometalúrgico selecionam seus materiais, e se utilizam os aspectos logísticos como critério de seleção. Nessa etapa, busca-se validar o modelo a partir da visão das empresas.

A Figura 4.1, em forma de fluxograma, norteou de forma significativa a pesquisa, pois possibilitou ao pesquisador uma visão de todos os passos necessários para a elaboração da pesquisa e ofereceu suporte para a conclusão do trabalho.

4.2 NATUREZA DA PESQUISA

Para Bastos e Keller (1991), a pesquisa é uma investigação metódica acerca de determinado assunto com o objetivo de esclarecer aspectos do objeto em estudo, podendo ser desenvolvida de forma qualitativa e quantitativa.

Richardson (2008) mostra que os estudos que aplicam uma metodologia qualitativa podem descrever a complexidade de determinado problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos vividos por grupos sociais e possibilitar o entendimento das particularidades do comportamento dos indivíduos.

Para Glazier e Powell (1992), o método qualitativo não é um conjunto de procedimentos que depende fortemente de análise estatística para suas inferências ou de métodos quantitativos para a coleta de dados. Na pesquisa qualitativa cabe ao pesquisador a interpretação da realidade. Os métodos qualitativos são apropriados quando o fenômeno em estudo é complexo, de natureza social e não tende à quantificação.

De acordo com Martins apud Bogdan e Biklen (1994), a pesquisa qualitativa define-se de acordo com cinco características básicas: tem o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como principal instrumento; são predominantemente descritivos os dados coletados; é muito maior a preocupação com o processo do que com o produto, pois o processo e seu significado são os focos principais de abordagem; são focos de atenção especial do pesquisador o significado que as pessoas dão às coisas e a sua vida; tende a seguir um processo indutivo na análise dos dados.

Nesse sentido, o método qualitativo difere do quantitativo, por não utilizar ferramentas estatísticas como base do processo de análise de um problema, não pretendendo numerar ou medir unidades ou categorias homogêneas. Quanto à pesquisa quantitativa, caracteriza-se pelo emprego de instrumentos estatísticos, tanto na coleta quanto no tratamento de dados.

De acordo com Richardson (2008), a abordagem quantitativa é frequentemente aplicada nos estudos descritivos que procuram descobrir e classificar a relação entre variáveis e a relação de causalidade entre fenômenos. Além dessas características, este tipo de pesquisa busca

garantir a precisão dos resultados, evita distorções de análise e interpretação, possibilitando uma margem de segurança quanto às inferências feitas.

Caracteriza-se, pois, a natureza deste estudo como qualitativa e quantitativa. Qualitativa, por utilizar dados reais e teóricos para a elaboração do modelo proposto, e quantitativa, por usar recurso computacional para verificar se o modelo teórico apresenta aplicabilidade quando transformado em modelo matemático, por meio da interrelação dos indicadores em um ambiente computacional.

4.3 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Schafranski (2002), a classificação de uma pesquisa consiste no tratamento dos meios e métodos que serão aplicados durante o desenvolvimento do estudo. Partindo da classificação, é possível identificar os instrumentos que serão mais úteis na busca das informações necessárias para a formulação do trabalho.

Segundo Vergara (1997), pode-se classificar a pesquisa sob dois aspectos: os fins e os meios. Quanto aos fins, a pesquisa pode ser classificada em exploratória, descritiva, explicativa, metodológica, aplicada e intervencionista; quanto aos meios em bibliográfica, experimental, documental, participante, pesquisa-ação, pesquisa de campo e/ou estudo de caso.

De acordo com o apresentado por Vergara (1997), o presente estudo pode ser classificado, quanto aos fins, como uma pesquisa exploratória, visto que a área abordada não apresenta grande volume de conhecimento acumulado, e também como pesquisa aplicada, uma vez que envolve estudos e práticas que contribuíram para o desempenho do processo de seleção de materiais metálicos. Quanto aos meios, trata-se de uma pesquisa bibliográfica, em que foram utilizados livros, periódicos, artigos técnicos e científicos, monografias e teses de pós-graduação a fim de obter uma sólida imagem da situação real, capaz de justificar a elaboração das propostas apresentadas na sequência do estudo. Caracteriza-se também como um estudo de múltiplos casos, visto que foram utilizadas informações coletadas em quatro empresas que atuam no setor minerometalúrgico e que fazem uso de materiais metálicos em seus processos.

4.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Marconi e Lakatos (2001) mostram que a coleta de dados é a etapa da pesquisa em que se inicia a aplicação dos instrumentos elaborados e das técnicas selecionadas, a fim de se efetuar a coleta dos dados previstos.

Neste estudo, utilizou-se a técnica de documentação indireta como meio de atender aos objetivos propostos. Sabe-se que a documentação indireta é a pesquisa realizada com o propósito de recolher informações sobre o campo de interesse, de uma forma genérica, porém capaz de abranger pontos e casos bastante distintos entre si. Caracterizam essa técnica de levantamento de dados os seguintes tipos: pesquisa documental, pesquisa bibliográfica e entrevistas.

Segundo Benvenuto (2007), a existência de registros na organização é a base que possibilita a execução da análise documental. Esses registros, geralmente, estão sob a forma de documentos técnicos, fichas, relatórios ou arquivos digitais. O potencial da técnica de análise documental está na estabilidade e confiabilidade dos dados obtidos, bem como na grande quantidade disponível de informação no ambiente interno da organização.

A segunda técnica utilizada foi a entrevista, escolhida devido à flexibilidade de aplicação, aliada a grandes possibilidades de esclarecimentos. Nesse sentido, a técnica foi aplicada aos responsáveis pelos departamentos de compras, suprimentos ou logística das empresas selecionadas. A entrevista foi direcionada o questionário, com o propósito de verificar como as empresas realizam seus processos de seleção de materiais metálicos e se utilizam a logística, como critério de seleção. A entrevista juntamente com a aplicação do questionário foram ferramentas decisivos no processo de coleta de informações. O questionário aplicado pode ser visto no Anexo 1. Contemplou informações referentes a principais materiais metálicos adquiridos, quantidade de fornecedores para cada material, função exercida pelo material adquirido, especificações dos materiais exigidos na aquisição, processo de seleção realizado pela empresa, uso de informações logísticas na seleção do material, informações advindas dos catálogos, visão da empresa sobre um sistema que seleciona, ao mesmo tempo, material e fornecedor, a partir da interrelação entre informações técnicas do material e informações logísticas.

Na Tabela IV.1 estão representadas as vantagens e desvantagens de cada um dos instrumentos de coleta de dados utilizados no desenvolvimento deste trabalho, para embasar a eficiência destes instrumentos.

Tabela IV.1- Comparativo das técnicas de coleta de informação utilizadas

Técnica de Coleta	Vantagens	Desvantagens
Questionário	Garantia de anonimato; Questões objetivas de fácil pontuação; Questões padronizadas que garantem uniformidade; Tempo em aberto para as pessoas pensarem sobre as respostas; Facilidade de conversão dos dados para arquivos de computador; Custo razoável.	Baixa taxa de respostas para questionários enviados pelo correio; Inviabilidade de comprovar respostas ou esclarecê-las; Pontuação difícil de questões abertas; Margem a respostas influenciadas pelo “desejo de nivelamento social”; Uso restrito a pessoas aptas à leitura; Possibilidade de itens polarizados/ambíguos.
Entrevista	Flexibilidade na aplicação; Facilidade de adaptação de protocolo; Viabilidade de comprovação e esclarecimento de respostas; Taxa de resposta elevada; Possibilidade de aplicação a pessoas não aptas à leitura.	Custo elevado; Consumo de tempo na aplicação; Possibilidade de polarização do entrevistador; Falta de garantia de anonimato; Sensibilidade aos efeitos no entrevistado; Características do entrevistador e do entrevistado; Treinamento especializado; Questões que direcionam a resposta;

Fonte: McMillan apud Borges (2009)

4.5 Variáveis

Segundo Marconi e Lakatos (2001), variável pode ser definida como uma classificação ou medida ou um conceito operacional contendo valores. Definem eles como aspecto a propriedade ou fator discernível em um objeto de estudo.

Segundo Vergara (1997), observa-se que as variáveis devem estar relacionadas diretamente com o objetivo da pesquisa, sendo consideradas como fonte para elaboração dos instrumentos de pesquisa. São caracterizadas por indicadores, que são fatores que possibilitam medi-las ou indicá-las no fenômeno.

Neste estudo, as variáveis identificadas para a elaboração do modelo são a seleção de materiais e a logística, caracterizadas pelos respectivos indicadores, selecionados e apresentados no capítulo quinto.

4.6 TABULAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

As informações obtidas por meio da metodologia proposta foram organizadas na forma de quadros, tabelas e figuras, utilizando-se os softwares Microsoft Word 2010, Microsoft Visio 2003 e o software Microsoft Excel 2010. Para a elaboração do modelo computacional, foi utilizado o programa Microsoft Office Access 2007.

Para o estudo das interrelações entre os vários indicadores logísticos e de seleção de materiais, foi utilizada uma adaptação da rede PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) e da Rede de Indicadores, que, segundo Frezatti (2000), podem ser utilizadas para destacar os elementos críticos de um processo e aprofundar estudos sobre produtividade de empresas de maneira a estabelecer uma estrutura para análise de variáveis e indicadores.

De acordo com Antonioli & Bachega (2004), PERT é uma técnica de auxiliar o gerenciamento de projetos utilizando o conceito de rede, sendo que um projeto é descrito como uma rede particular de etapas. O gerenciamento através do PERT fornece informações essenciais para o sistema estudado, como tempo de término da produção, avaliando a possibilidade de finalização no prazo estipulado; conhecimento de atividades críticas, que devem ser observadas com mais cuidado na garantia do tempo de execução; atividades em que se deve concentrar a produção em casos de querer ganhar tempo ou de estar atrasado o processo; atividades nas quais há alguma possibilidade de reformular o tempo de entrega e as possibilidades em cada uma das áreas; atividades das quais se podem transferir recursos e melhorar áreas mais críticas.

É importante citar que este estudo faz uma adaptação dos conceitos de rede de indicadores e de rede PERT, pois o propósito é selecionar indicadores a partir de um sequenciamento lógico que favoreça a elaboração do modelo proposto.

A Figura 4.2 ilustra a forma genérica de uma rede de indicadores à qual é similar, a rede PERT, utilizada para mostrar a relação dos indicadores de seleção de materiais e logísticos a serem inseridos no modelo.

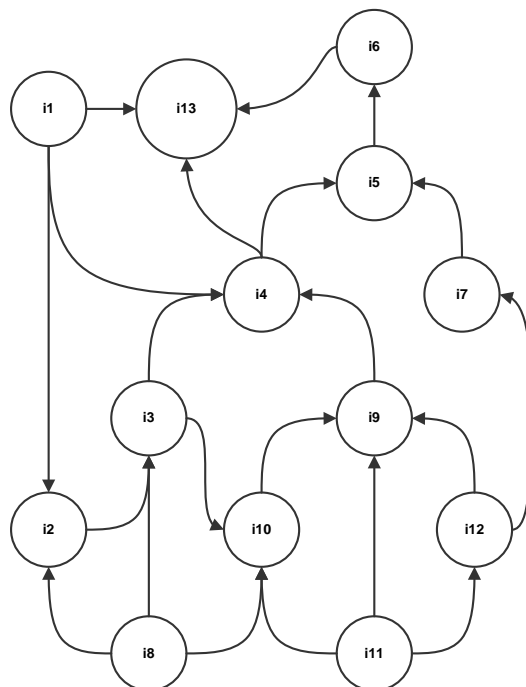


Figura 4.2-Esquema de uma rede de indicadores genérica
Fonte: Adaptado de Muscat (1987)

A Figura 4.2 ilustra uma rede com 13 indicadores interrelacionados. Para apresentar a funcionalidade da rede, descreve-se, de forma geral, o sistema de interrelação entre os 13 indicadores. A interação inicia-se com o indicador 1, o qual está relacionado com o indicador 2, e este, com o indicador 13. O indicador 13 refere-se à saída ou ao resultado da interação entre os demais indicadores, fechando o ciclo de interação provido pela elaboração da rede genérica. Verifica-se, assim, que a rede pode ser usada para qualquer evento que necessita da interação entre indicadores e que possibilita a otimização de qualquer sistema.

No presente capítulo, foram descritas as técnicas e ferramentas metodológicas utilizadas para o alcance dos objetivos propostos. A escolha das variáveis e dos indicadores também foi atrelada aos objetivos geral e específicos, de forma a fornecer o desenvolvimento do modelo teórico e conceitual.

5. ELABORAÇÃO DO MODELO

Neste capítulo, apresenta-se, de forma detalhada, o processo de elaboração do modelo teórico e sua configuração em modelo computacional.

A partir da definição da metodologia, buscou-se seguir, passo a passo, as etapas propostas na pesquisa. A Figura 5.1 ilustra, por meio do fluxo, as etapas realizadas para a elaboração do modelo.

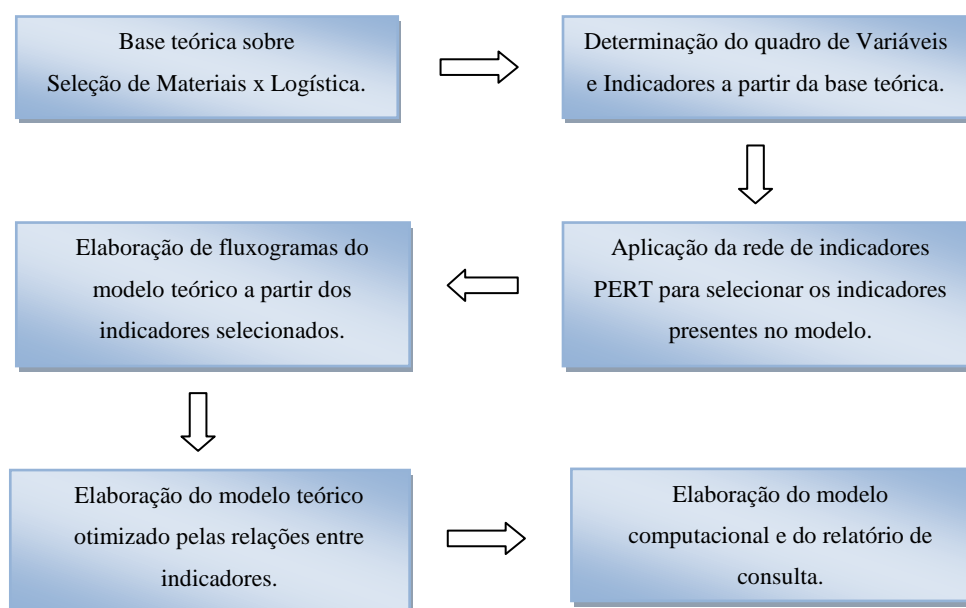


Figura 5.1- Etapas de elaboração do modelo teórico e computacional

De acordo com a Figura 5.1, a primeira etapa é a realização do estudo bibliográfico sobre Ciência dos Materiais e Engenharia dos Materiais, seleção de materiais, materiais metálicos, cadeia de suprimentos, logística, sistema de informação gerencial e sistema informação logística. O propósito desta etapa é conhecer o arcabouço teórico e identificar as variáveis e indicadores que originaram a elaboração do modelo teórico. Para isso, são escolhidos, baseando-se no estudo teórico, dois modelos empregados na área de seleção de materiais para auxiliar na elaboração do modelo de seleção proposto neste trabalho: o Modelo de Dieter e o Modelo de Ashby.

Utilizaram-se do Modelo de Dieter as etapas de eliminação de materiais e processos candidatos e seleção de materiais candidatos; do Modelo de Ashby as seleções por análise, por similaridade e por síntese. Para aplicação desses modelos e criação da estrutura de banco de dados do modelo proposto, foi necessário prosseguir o fluxo da Figura 5.1, seguindo estas etapas: determinação de um quadro de variáveis e indicadores; aplicação da rede PERT para selecionar os indicadores presentes no modelo; elaboração dos fluxogramas do modelo a partir dos indicadores selecionados; elaboração do modelo teórico otimizado e, por fim, elaboração do modelo computacional e do relatório de consulta.

A partir do estudo teórico, foi elaborada a Tabela V.1, destacando as variáveis e seus possíveis indicadores. Para essa elaboração, foram identificadas duas variáveis, Seleção de Materiais e Logística. Para cada variável foram identificados os indicadores que descrevem as variáveis estudadas.

Tabela V.1-Variáveis e Indicadores

Variáveis	Definições	Indicadores
Seleção de Materiais	Área que auxilia a Engenharia dos Materiais a selecionar materiais adequados para compor o produto final.	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de material • Composição química • Especificações físicas do produto • Função desempenhada pelo produto • Tipo de processos • Critérios de desempenho • Condições de utilização • Tamanho • Análise de valor • Ciclo de vida do material e produto • Classificação do material • Estrutura Interna do material • Propriedades mecânicas, elétricas, térmica • Vida útil do material
Logística	Conjunto de atividades responsáveis pela entrega do produto aos clientes finais.	<ul style="list-style-type: none"> • Clientes • Produtos • Materiais • Recursos humanos • Hardwares • Softwares • Instalações físicas • Centros de distribuição • Necessidade de importação • Localidades atendidas • Região de origem do material • Rotas atendidas • Processamento de pedidos • Tipos de transportes utilizados • Tipo e forma de armazenagem • Tipo de embalagem • Estoque de produtos • Tipo de distribuição • Tempo de ciclo de pedido • Cumprimento do prazo de entrega • Custos (preço + transporte+ perdas) • Logística reversa • Preço do frete • Prazos de entrega • Frequencia de entrega • Quantidade mínima e máxima para compra • Faixa de disponibilidade de materiais • Espaço disponível no almoxarifado • Espaço disponível na expedição

As discussões baseadas na fundamentação teórica levaram à identificação de 13 indicadores, dos quais 9 foram selecionados para compor a rede inicial, enquanto para a variável logística foram identificados 29 indicadores e selecionados para rede inicial 22. Posteriormente, na segunda fase, foram selecionados 10 indicadores e, na última fase, selecionaram-se 7 para compor os indicadores da variável Logística na rede final. As etapas de seleção de indicadores, através das redes 1, 2 e 3, possibilitaram a redução de 13 para 9 indicadores para compor o modelo da variável Seleção de Materiais e uma redução de 22 para 7 indicadores da variável Logística para compor o modelo, totalizando 19 indicadores eliminados na aplicação da rede PERT. Essas relações são ilustradas pelas Figuras 5.2, 5.3 e 5.4. A utilização das adaptações das redes de indicadores PERT facilitaram a seleção dos indicadores pertencentes ao modelo final e mostraram-se como uma nova metodologia para aplicar os conceitos dos modelos de Dieter e Ashby nas etapas de seleção citadas anteriormente.

A Figura 5.2 representa a rede inicial de relações entre os indicadores das duas variáveis (Seleção de Materiais e Logística) com o propósito de favorecer uma visão sobre as relações possíveis para a elaboração do modelo teórico.

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
- I12 - Necessidade de importação
- I13 - Tipo de transporte utilizado
- I14 - Preço do frete
- I15 - Prazo de entrega
- I16 - Quantidade mínima e máxima para compra
- I17 - Espaço disponível no almoxarifado (matéria-prima)
- I18 - Espaço disponível na expedição
- I19 - Tipo e forma de armazenagem
- I20 - Faixa de disponibilidade de materiais
- I21 - Tempo de ciclo do pedido
- I22 - Frequência de entrega
- I23 - Mapeamento da logística reversa do produto
- I24 - Tecnologias da informação utilizadas

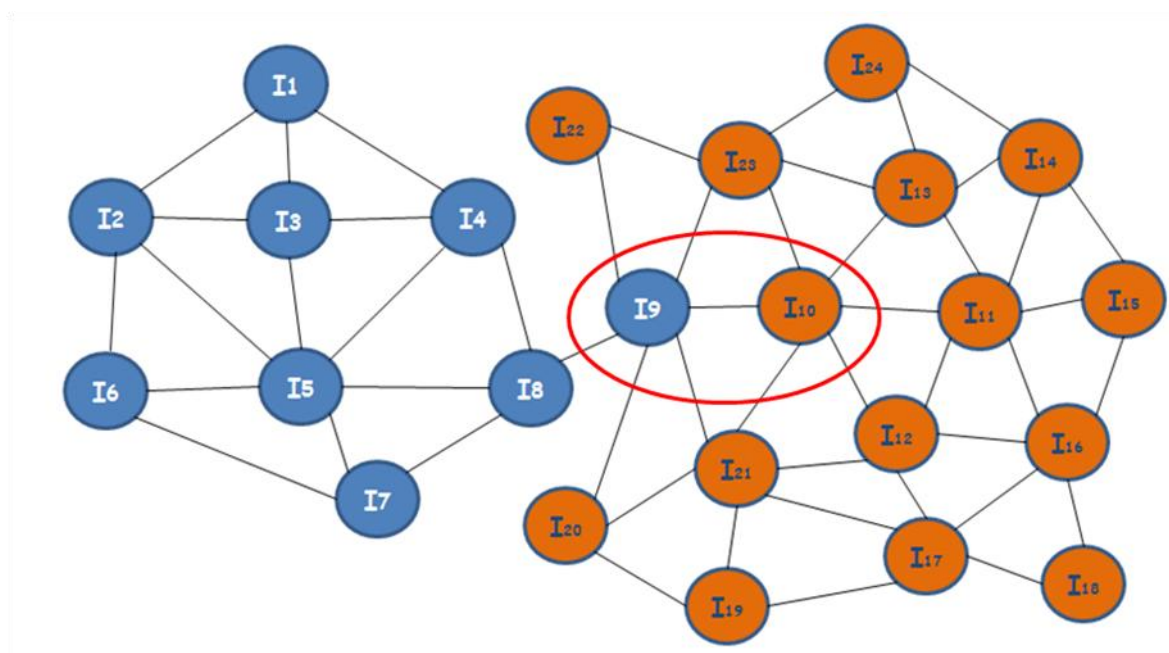


Figura 5.2-Variáveis e Indicadores. Rede PERT -1 da relação entre as variáveis Seleção de Materiais x Logística

Pela Figura 5.2, observa-se que o indicador I9 (Materiais candidatos) é o resultado das interrelações entre as variáveis de Seleção de Materiais e que na rede é o ponto que faz a relação com o indicador I10 (Fornecedores candidatos) pertencente à variável Logística, que resulta da interrelação entre os indicadores dessa variável. Para melhor entendimento, os indicadores I9 e I10 estão destacados na Figura 5.2. Observa-se que a interação entre os

indicadores favorece automaticamente uma pré-seleção do que é necessário para compor o modelo e facilita a seleção dos materiais adequados e dos seus respectivos fornecedores.

A partir da rede PERT-1, Figura 5.2, foram geradas mais duas redes com a finalidade de gerar uma interrelação mais sistematizada do modelo, as rede PERT-2 e rede PERT- 3, destacadas nas Figuras 5.3 e 5.4.

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
- I19 - Tipo e forma de armazenagem
- I20 - Faixa de disponibilidade de materiais
- I21 - Tempo de ciclo do pedido
- I22 - Frequência de entrega

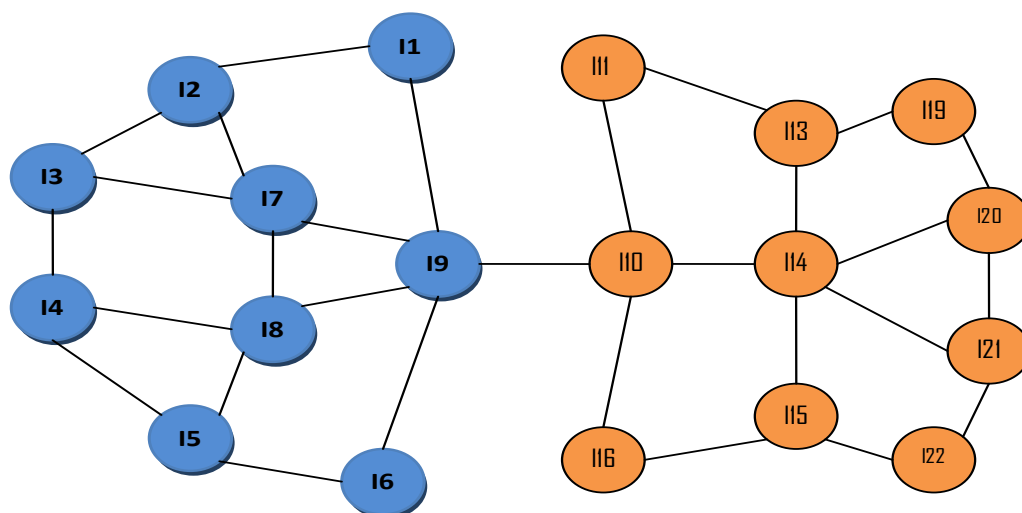


Figura 5.3- Variáveis e Indicadores. Rede PERT-2 da relação entre as variáveis Seleção de Materiais x Logística

A proposta de utilizar as redes é gerar a inter-relação entre as variáveis para a formação dos fluxogramas que traduzem o modelo proposto neste trabalho, tendo como resultado final os materiais candidatos e seus respectivos fornecedores. De acordo com a Figura 5.3, foram

eliminados na rede PERT-2 os seguintes indicadores: I12 - Necessidade de importação; I17 – Espaço disponível no almoxarifado (matéria-prima); I18 - Espaço disponível na expedição.

É necessário explicar os motivos que originaram a eliminação dos indicadores 12, 17 e 18. O indicador 12 (Necessidade de importação) foi eliminado por tratar-se de um indicador que não influencia diretamente na seleção preliminar do material, pois as empresas o tratam, na maioria das vezes, como um fator mais estratégico e comercial do que logístico. Os indicadores 17 (Espaço disponível no almoxarifado) e 18 (Espaço disponível na expedição) foram eliminados por estarem contemplados nas decisões referentes aos seguintes indicadores: I16 (Quantidade mínima e máxima para compra), I19 (Tipo e forma de armazenagem) e I20 (Faixa de disponibilidade de materiais).

Observa-se, pela Figura 5.4, rede PERT – 3, que foram eliminados nesta inter-relação entre variáveis os seguintes indicadores: I19 (Tipo e forma de armazenagem, I20 (Faixa de disponibilidade de materiais) e I22 (Frequência de entrega).

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

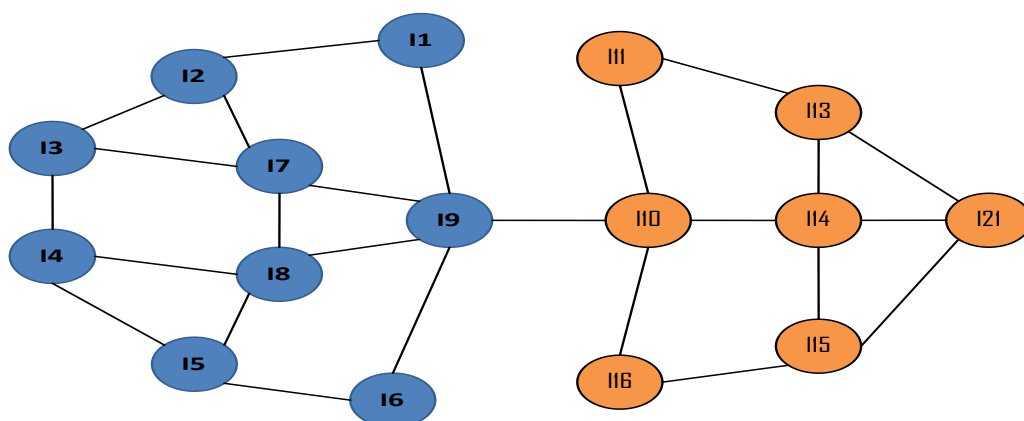


Figura 5.4-Variáveis e Indicadores. Rede PERT-3 da relação entre as variáveis Seleção de Materiais x Logística

Para a eliminação dos indicadores 19, 20 e 22, foram analisados outros indicadores que poderiam substituí-los na elaboração do modelo. Para a eliminação dos indicadores 19 (Tipo e forma de armazenagem) e 20 (Faixa de disponibilidade de materiais), verificou-se que o indicador 16 (Quantidade mínima e máxima para compra) substituiria esses dois indicadores no processo de tomada de decisão, além de ser um indicador quantificável para configuração do modelo computacional. Na eliminação do indicador 22 (Frequência de entrega), observou-se que os indicadores 15 (Prazo de entrega) e 21 (Tempo de ciclo de pedido) contemplariam o indicador 22 na elaboração do modelo. Após a eliminação dos indicadores possíveis, verificou-se que a rede PERT-3 é o resultado da otimização do modelo inicial proposto pela rede PERT-1. Para melhor visualização do modelo e de sua otimização a partir da aplicação das redes, elaborou-se o fluxograma de cada rede originada, com o objetivo de configurar o modelo teórico numa sequência lógica para a obtenção do resultado esperado: a seleção de materiais metálicos e de seus respectivos fornecedores.

A Figura 5.5 corresponde ao primeiro fluxograma elaborado do modelo em função dos indicadores selecionados a partir da rede PERT-1.

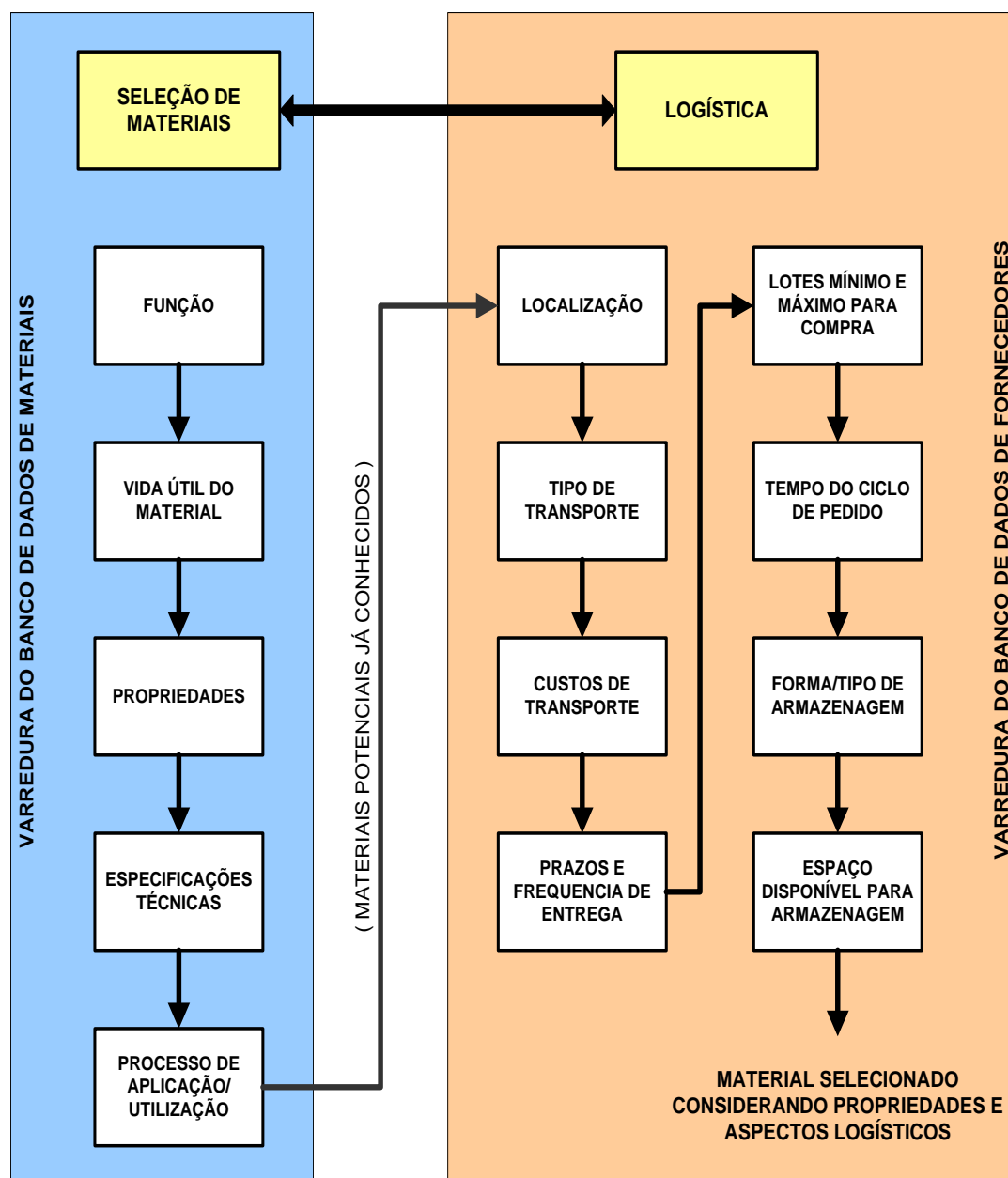


Figura 5.5-1.º Fluxograma, elaborado a partir da Rede PERT -1

Observa-se, na Figura 5.5, que existem duas caixas, uma de Seleção de Materiais e a outra de Logística, onde se observa a relação entre as duas variáveis, desde a função exercida pelo Material candidato (para equipamentos, processo produtivo, transporte, acessórios, construção civil...) até o espaço disponível para armazenagem. Assim, verifica-se que a seleção é realizada em cada etapa do fluxo. E cada etapa (caixas brancas) seleciona os Materiais candidatos e seus respectivos fornecedores a partir da varredura do banco de dados. O fluxo inicia-se pela função exercida pelo material, que depende do dado inserido pelo usuário.

Posteriormente se faz uma pré-seleção da vida útil do material e, em seguida, passa-se por uma triagem em função das propriedades desempenhadas e esperadas pelo usuário. As etapas finais do fluxo da caixa de Seleção de Materiais finalizam com as especificações técnicas do produto e pelo processo de fabricação introduzido. É importante ressaltar que a seleção é realizada por meio de um banco de dados de materiais conhecidos. Fechado o ciclo, inicia-se a sequência do fluxo, fazendo uma varredura do banco de dados de fornecedores cadastrados. O fluxo segue fazendo a pré-seleção do material com as seguintes etapas: localização, tipo de transporte, custos de transporte, prazos e frequência de entrega, lotes mínimos e máximos para compra, tempo de ciclo de pedido, forma e tipo de armazenagem e espaço disponível para armazenagem. No final do fluxo, obtêm-se os materiais selecionados, considerando as especificações dos materiais e os aspectos logísticos.

Constatou-se que o fluxograma elaborado, ilustrado pela Figura 5.5, possibilitou uma visão preliminar da concepção do modelo e despertou para a capacidade de otimizá-lo por meio de mais interações entre os indicadores. Dessa forma, com base nesse primeiro fluxograma, foram elaborados mais dois, com as redes PERT-2 e PERT-3, representados pelas Figuras 5.6 e 5.7, com a finalidade de aperfeiçoar ainda mais o modelo teórico e favorecer melhor tradução em modelo computacional. A Figura 5.6 representa o fluxograma elaborado a partir da rede PERT-2.

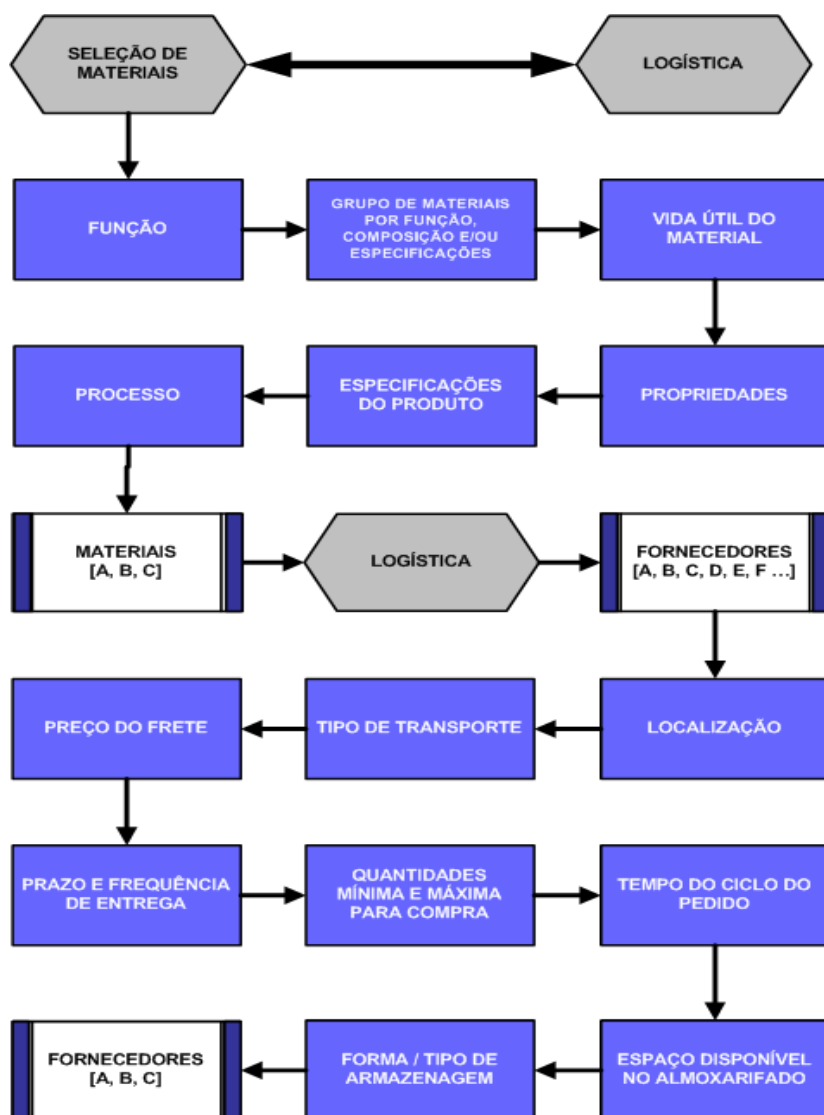


Figura 5.6-2.º Fluxograma, elaborado a partir da Rede PER -2

O segundo fluxograma, ilustrado pela Figura 5.6, apresenta duas caixas cinza, que estabelecem a mesma relação do primeiro fluxograma: uma representa os indicadores da Seleção de Materiais e a outra, os indicadores da Logística. Inicia-se o fluxo pela caixa de Seleção de Materiais de forma sequenciada, passando pelas seguintes etapas: função desempenhada pelo produto, grupo de materiais por função (composição e/ou especificações do material por função a ser desempenhada), vida útil do material, propriedades específicas do material, especificações do produto e processo de fabricação. Em cada etapa citada, o material vai sendo selecionado de acordo com a varredura do banco de dados de materiais, resultando nos materiais A, B, C, e o modelo destaca possíveis fornecedores (A, B, C, D, E, F..) para esses materiais, fazendo conexão com o indicador Fornecedores, o qual pertence à variável Logística. A continuidade do fluxo segue para a caixa da variável Logística, que inicia a

varredura do banco de dados de fornecedores, por meio do indicador fornecedor, em função dos outros indicadores subsequentes, que são: localização, tipo de transporte, preço do frete, prazo e frequência de entrega, quantidade mínima e máxima para compra, tempo de ciclo do pedido, espaço disponível do almoxarifado, forma e tipo de armazenagem. O resultado é a seleção dos materiais e dos fornecedores que passaram pelo processo de triagem ao longo do fluxo.

É necessário observar que o fluxograma da Figura 5.6 sofreu alterações em relação ao fluxograma da Figura 5.5. As mudanças ocorridas surgiram da rede PERT-2 e da observação do primeiro fluxograma elaborado. Destacam-se as seguintes mudanças:

- Adicionou-se a etapa grupo de materiais por função (composição e/ou especificações) entre a etapa função e vida útil para selecionar melhor o material;
- Mudou-se o nome da etapa especificações técnicas para especificações do produto para não haver problemas de compreensão;
- Foi aberta uma caixa de materiais (A, B, C) para externalizar que houve pré-seleção;
- Mostrou-se a conexão entre a caixa de materiais (A, B, C) com a caixa de fornecedores (A, B, C, D, E, F...), incluindo entre elas a caixa cinza da variável Logística e apresentando a conexão com a variável Seleção de Materiais;
- A etapa Custos de transporte foi substituída pela etapa Preço do frete;
- Mudou-se o nome da etapa Lote mínimo e máximo para compra para Quantidade mínima e máxima para compra, pois a compra não necessariamente é realizada em lotes.
- Foi inserida a etapa Espaço disponível no almoxarifado entre as etapas Tempo do ciclo do pedido e Forma e tipo de armazenagem, por se pensar que é necessário saber o espaço disponível para determinar a forma e o tipo de armazenamento. A etapa Espaço disponível no almoxarifado substituiu a etapa Espaço disponível para armazenagem, por tratar o almoxarifado como espaço físico a ser ocupado.
- Para finalizar o fluxo, foi inserida uma caixa de fornecedores (A, B, C), para destacar aqueles que foram selecionados juntamente com seus materiais.

Com a elaboração do segundo fluxograma, Figura 5.6, e sua análise, constatou-se que o modelo poderia ser melhorado, sendo necessária a aplicação da rede PERT-3, para resultar a Figura 5.7, o terceiro fluxograma do modelo teórico.

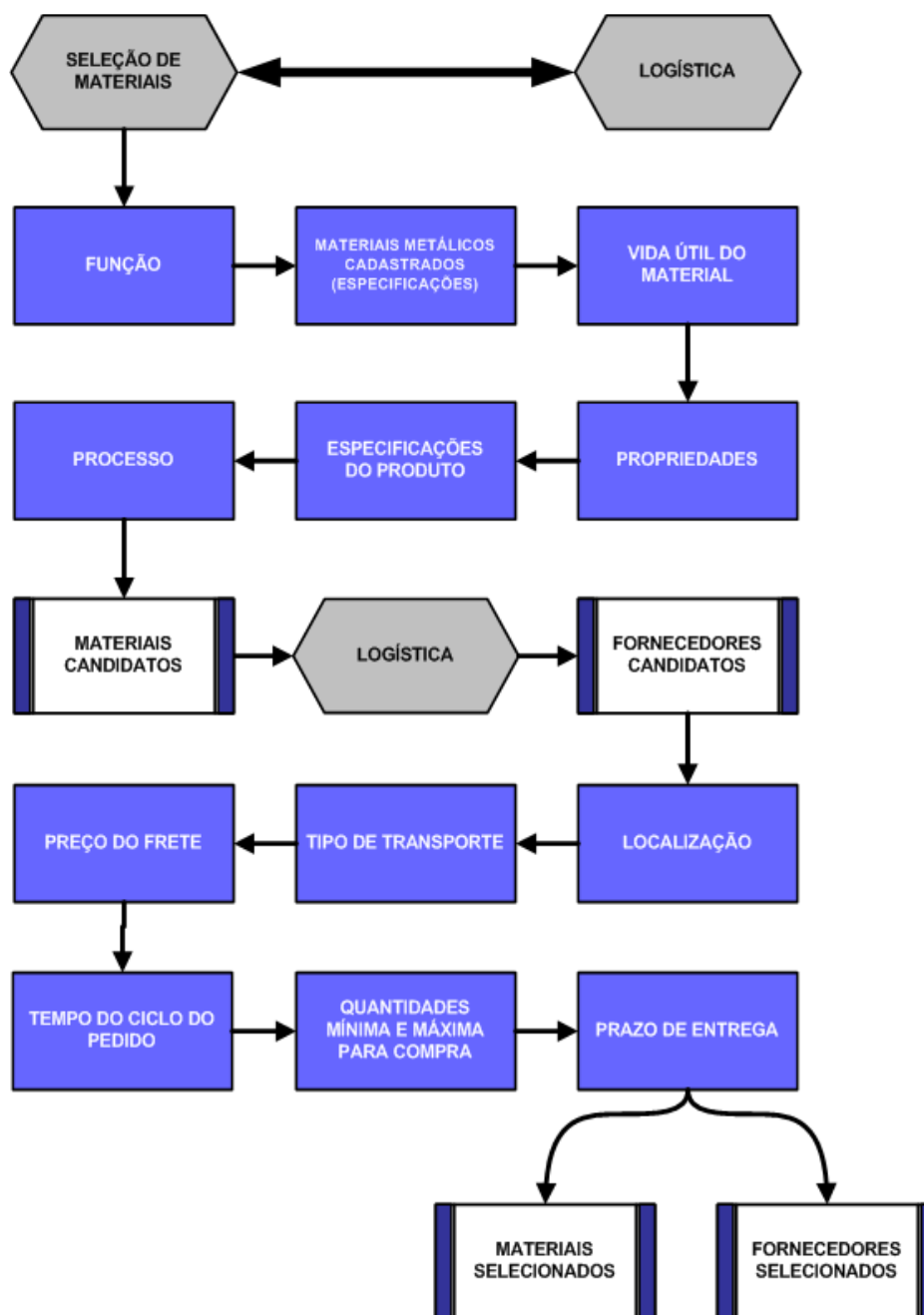


Figura 5.7-3.º Fluxograma, elaborado a partir da Rede PERT-3

Observa-se, na Figura 5.7, o modelo teórico otimizado a partir do 1.º e do 2.º fluxograma. O 3.º fluxograma segue o mesmo comportamento, em termos de forma e sequenciamento do 2.º, apresentando duas caixas cinza, uma de Seleção de Materiais e a outra de Logística. O fluxo inicia-se pela caixa Seleção de Materiais seguindo 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, é 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, partindo 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.

No processo de otimização do 2.º para o 3.º fluxograma, da Figura 5.6 para a Figura 5.7, foram realizadas melhorias na interação entre os indicadores na rede PERT-3 e na configuração do fluxo. As melhorias realizadas são destacadas a seguir:

- A caixa Grupo de materiais por função, composição e/ou especificações foi alterada para a caixa Materiais metálicos cadastrados (especificações) com o objetivo de evidenciar os materiais metálicos, foco do trabalho.
- Mudou-se a caixa Materiais (A, B, C) para a caixa Materiais candidatos. A proposta é evidenciar que a seleção preliminar não limita a quantidade de materiais. A mesma justificativa segue para a mudança da caixa Fornecedores (A, B, C, D, E, F..) para a caixa Fornecedores candidatos, percebendo que o mesmo material pode ser comercializado por mais de um fornecedor e que, tratando-se de n materiais, existe a possibilidade de n fornecedores.
- Foram eliminadas as etapas Forma/tipo de armazenagem e Espaço disponível do almoxarifado, por entender que as etapas Quantidade mínima e máxima para compra e Tempo do ciclo do pedido contemplam essas etapas no processo de seleção.
- Mudou-se o nome da etapa Prazo e frequência de entrega para Prazo de entrega, pois na etapa de Seleção, o prazo de entrega automaticamente seleciona o fornecedor e a Frequência de entrega pode ser analisada no processo de negociação. A etapa Prazo de entrega foi direcionada para a última etapa do fluxo, por se tratar de uma decisão estratégica, que contribui significativamente para o desenvolvimento da cadeia de suprimentos.
- A partir da caixa de Fornecedores candidatos, mudou-se o sequenciamento do fluxo e o resultado final. A nova ordem de sequenciamento passa a ser: Localização, Tipo de transporte, Preço do frete, Tempo de ciclo do pedido, Quantidade mínima e máxima para

compra e prazo de entrega. O fluxo oferece simultaneamente como resultado os materiais selecionados e os fornecedores selecionados.

Elaborado o 3.º fluxograma do modelo, este foi traduzido em modelo conceitual a seguir.

A Figura 5.8 representa o modelo conceitual proposto neste trabalho, desenvolvido da relação entre as variáveis Seleção de Materiais e Logística, com objetivo de selecionar os materiais metálicos candidatos e os respectivos fornecedores.

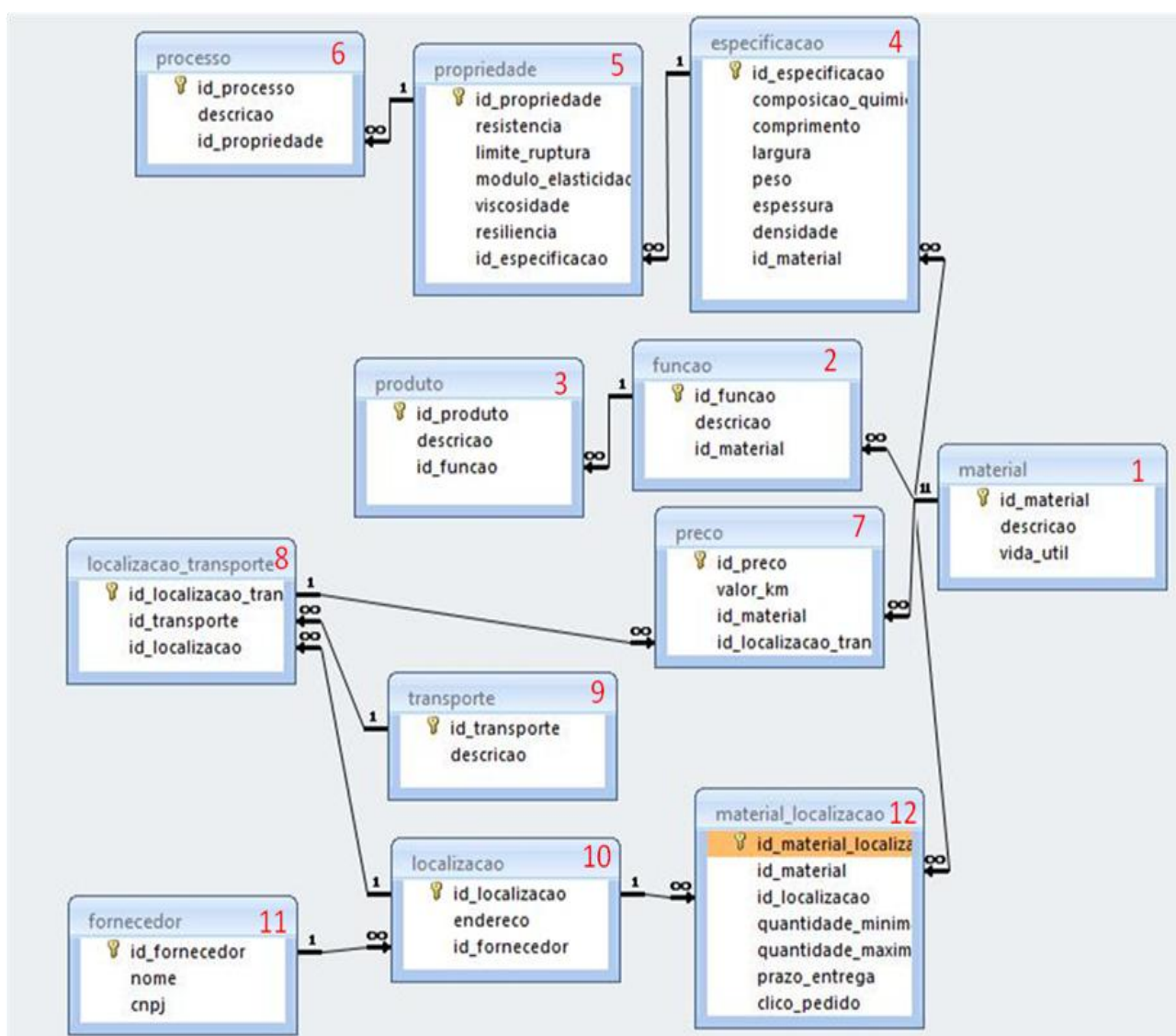


Figura 5.8-Modelo conceitual

Observa-se, na Figura 5.8, que cada tabela representa indicadores que automaticamente foram inter-relacionados, formando um banco de dados, que auxilia na seleção dos Materiais

candidatos e oferece melhor relação entre as variáveis Seleção de Materiais e Logística. As tabelas foram enumeradas de 1 a 12, com a finalidade de facilitar a discussão do modelo computacional. Segue em forma de tópicos a explicação do modelo, iniciando da caixa 1, da direita para a esquerda.

- A Tabela 1(Material) representa a descrição do material a ser introduzido no banco de dados com o valor de vida útil, especificada dentro da caixa por id_do 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 Tabela 1 possui vínculo com as Tabelas 2, 4, 7 e 8. O vínculo ou a relação computacional é apresentada pela simbologia $1 \rightarrow \infty$, o quer dizer que o material da Tabela 1 pode obter n resultados da interação com as Tabelas 2, 4, 7 e 8. Outra forma de apresentar a relação é verificar, nas tabelas que estão interligadas à Tabela 1, Id-material. Segue a mesma explicação para as demais tabelas em relação aos vínculos estabelecidos.
- A Tabela 2 (Função) apresenta o campo Função do material a ser desempenhada e sua descrição, esta por sua vez está vinculada às Tabelas 1 e 3. A Tabela 3 (Produto) representa o campo das especificações do produto final.
- A Tabela 4 (Especificação) contempla as informações em relação a composição química, comprimento, largura, peso, espessura, densidade e outras especificações pertinentes do material. A Tabela 4 está vinculada às Tabelas 1 e 5.
- A Tabela 5 (Propriedades) representa o campo de cadastro das principais propriedades do material, como resistência, limite de ruptura, modulo de elasticidade, viscosidade. A Tabela 5 está vinculada às Tabelas 3 e 6. A Tabela 6 (Processo) indica o campo para o cadastramento dos principais processos que envolvem os materiais.
- A Tabela 7 (Preço) destaca o campo de cadastro do preço do material em função do valor da quilometragem. A Tabela 7 possui vínculo com as Tabelas 1 e 8.
- A Tabela 8 (Localização - Transporte) é o campo de conexão que possibilita o vínculo entre as Tabelas 7, 9 e 10, forma encontrada para manter a relação entre as demais tabelas e favorecer ao resultado esperado.

- A Tabela 9 (Transporte) lista os meios de transporte utilizados para distribuir os materiais. Ela possui vínculo com a Tabela 8.

- A Tabela 10 (Localização) representa o campo de cadastro das localidades dos fornecedores, especificando os endereços. Possui vínculo com a Tabela 11 (Fornecedor), espaço reservado para o cadastro dos fornecedores com o respectivo CNPJ ou outras informações de que as empresas necessitarem no momento do cadastro do fornecedor. Ela tem vínculo com as Tabelas 8 e 12.

- A Tabela 12 (Material-Localização) é um campo que estabelece relação entre as informações das Tabelas 10 e 1, fechando o ciclo do sistema e favorecendo a inter-relação 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.

É importante ressaltar que a lógica para as relações depende do conhecimento do modelo teórico, do sequenciamento estabelecido no fluxograma e do conhecimento adquirido a partir do estado da arte sobre os conceitos e modelos da área de seleção de materiais e sistemas logísticos. Assim, o modelo conceitual ilustrado na Figura 5.8 mostra que o modelo teórico pode ser aplicado em um sistema computacional, que já representa o protótipo do modelo.

A Figura 5.9 ilustra o protótipo do modelo e o local onde o cliente terá acesso para realizar a seleção adequada dos materiais metálicos candidatos e dos seus fornecedores, podendo escolher a forma de selecionar esses materiais.

1 OBRIGATORIO:
SELECIONAR função (finalidade do material)
SELECIONAR produto (item a ser fabricado)

função

produto

2 OPCIONAL:
SELECIONAR OU NAO um dos materiais listados

materiais

aço150	10
aço120	5
aço110	3

3 OPCIONAL:
RESTRIÇÕES GERAIS

especificações

propriedade

processo

preço

localizacao

fornecedor

tipo de transporte

Consultar

4 OBRIGATÓRIO
botão que inicia a seleção de
MATERIAIS e FORNECEDORES

Figura 5.9-Página do protótipo de seleção do material e do respectivo fornecedor

Verificam-se, na Figura 5.9, quatro campos destinados ao processo de seleção. O campo 1 é obrigatório e destinado à escolha da função a ser desempenhada pelo material (para um equipamento, processo produtivo, construção, transporte, entre outras). A função está direcionada à finalidade de escolha do material, ou seja, aquilo para que ele vai servir. Em relação a cada função existe no banco de dados o cadastro de produtos, campo 2, que faz parte do grupo função, que apresenta um número de materiais metálicos candidatos para a fabricação, repassados para o banco de dados por meio de catálogos de fornecedores. Quando o usuário faz sua escolha no campo 1, ele já pode ir para o campo 4 e iniciar a consulta. O programa faz a consulta baseando-se na função e no produto e fornece todos os materiais

metálicos e fornecedores presentes. Os campos 2 e 3 são opcionais e servem para que o usuário possa fazer uma seleção mais personalizada indicando os critérios de seleção que julga serem importantes. O campo 2 lista os materiais metálicos cadastrados em função do produto final escolhido. O campo 3 personaliza a busca, utilizando as seguintes restrições: especificações, propriedade, processo, preço, localização, fornecedor e tipo de transporte. Por fim, o usuário inicia a consulta no campo 4.

Elaborado o modelo teórico e computacional, verificou-se a necessidade de estudar, no capítulo sexto, o funcionamento do modelo desenvolvido por Ashby e sua equipe, o *software* CES EduPack 2005, com o objetivo de observar o funcionamento do *software* e, ao mesmo tempo, comprovar que o modelo desenvolvido neste estudo contempla os aspectos logísticos, que não fazem parte do processo de seleção do modelo desenvolvido por Ashby. Para complementar as discussões, optou-se por direcionar para empresas do setor minerometalúrgico um questionário e a realização de entrevista com especialistas das áreas de suprimentos/logística/compras, na perspectiva de verificar como as empresas realizam o processo de seleção de materiais metálicos, buscando saber se utilizam os aspectos logísticos como critério de seleção e qual é sua visão em relação ao sistema proposto neste estudo.

6. SOFTWARE CES EDUPACK 2005 – MODELO DE ASHBY E EQUIPE

O propósito deste capítulo é descrever o funcionamento do *software* CES EduPack 2005, com o objetivo de mostrar a aplicabilidade na área de seleção de materiais e, ao mesmo tempo, comprovar que este modelo não contempla os aspectos logísticos na arquitetura do *software*.

O *software* CES (Cambridge Engineering Selector) EduPack 2005 é um pacote computacional de recursos voltado para o ensino da Ciência de Materiais e da Engenharia de Materiais e a seleção de materiais e do processamento de materiais.

O programa foi desenvolvido na Universidade de Cambridge por Mike Ashby e sua equipe. De acordo com o site da empresa, Granta Design Limited, que desenvolveu e comercializa o *software*, o programa está sendo usado em 700 universidades e faculdades em todo o mundo, nas seguintes áreas: Engenharia Mecânica, Materiais, Aeroespacial, Arquitetura, Design e Engenharia Ambiental. A Figura 6.1 ilustra a página inicial do programa.

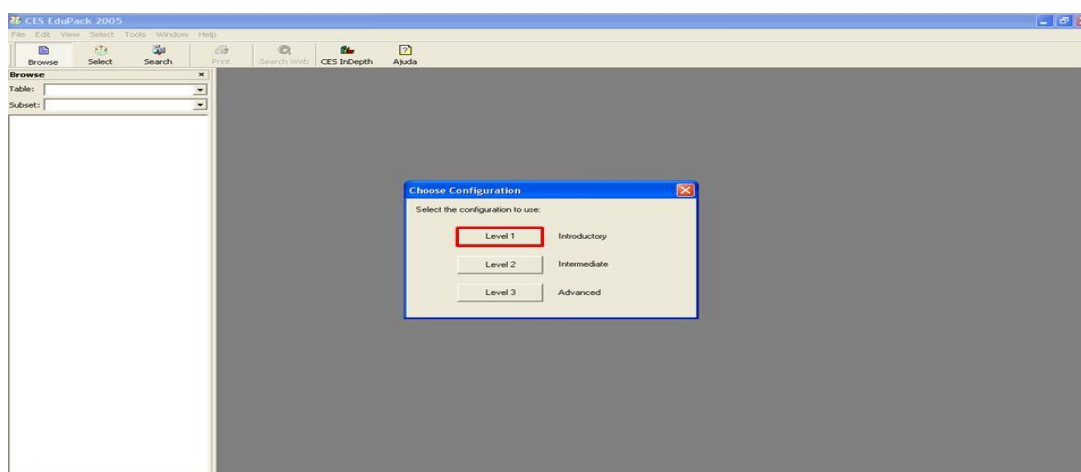


Figura 6.1-Página de abertura do Programa

Fonte: *Software* CES EduPack 2005

Observa-se, na Figura 6.1, que o usuário, para utilizar o programa, tem a possibilidade de escolher entre três níveis: level 1(Introdutório), level 2(Intermediário) e level 3(Avançado). Ao selecionar o level 1 ou level 2, o programa apresenta, de acordo com a Figura 6.2, na barra do menu principal, as seguintes funções: *Browse* (Procurar), *Search* (Pesquisa), *Select* (Selecionar), CES InDepth (Informações sobre a utilização do programa) e Ajuda.

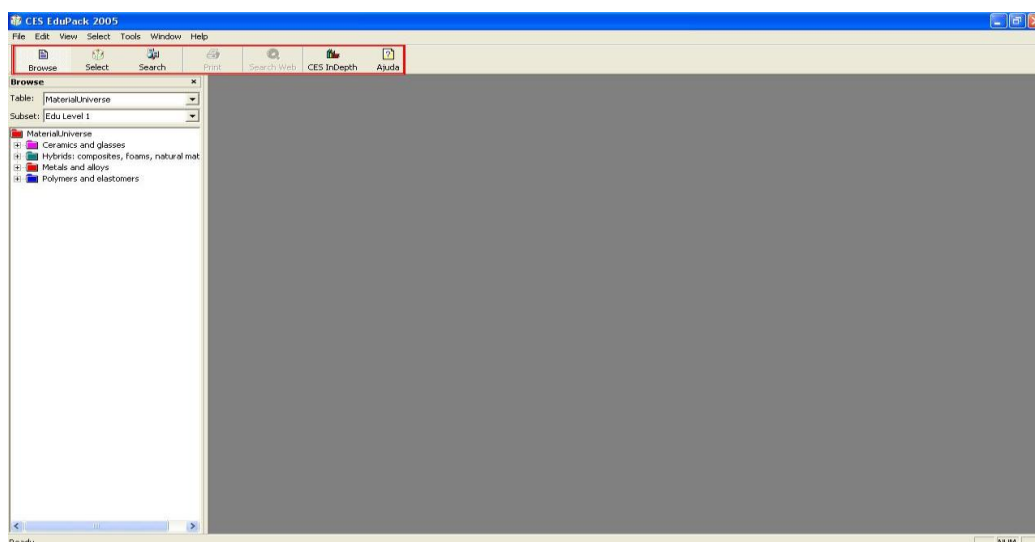


Figura 6.2- Funções do programa na barra do menu principal
 Fonte: *Software CES EduPack 2005*

No menu *Browse*, é possível navegar pelos materiais, processos, produtores e referências, de modo a obter informações. Assim, observa-se na Figura 6.3, que na caixa do navegador *Browse*, no campo *Table*, se pode-se escolher entre Universo de materiais, Universo de processos, produtores e referências. O campo Universo de materiais divide os materiais em quatro grupos: cerâmicos e vidros; híbridos (compósitos, espumas e materiais naturais); metais e ligas; polímeros e elastômeros.

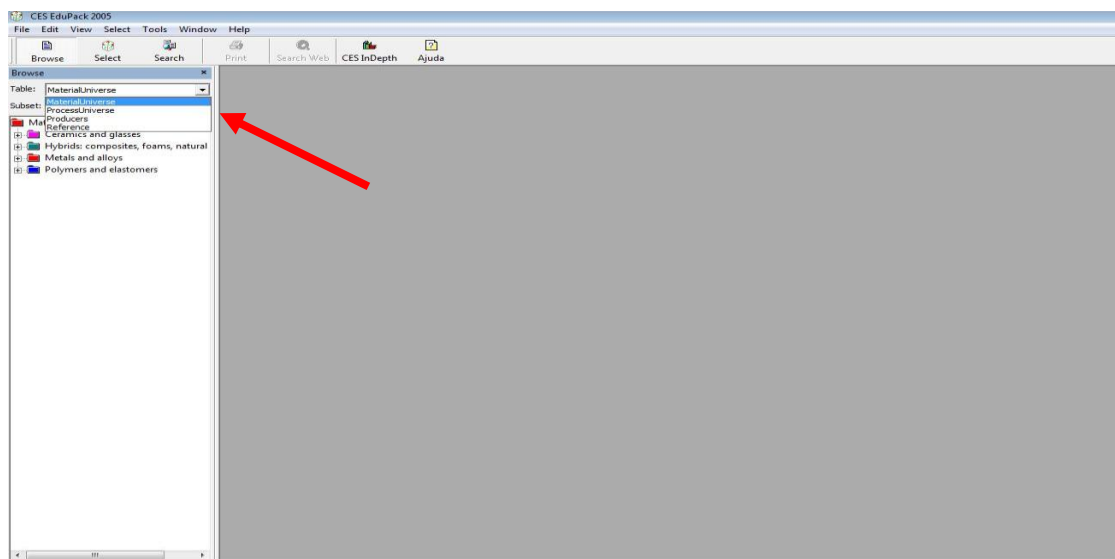


Figura 6.3-Caixa do navegador Browse
 Fonte: *Software CES EduPack 2005*

Para complementar as informações do navegador *Browse*, pode-se observar, na Figura 6.4, que no campo *Subset* há os níveis Edu Level1 e Edu Level 2.

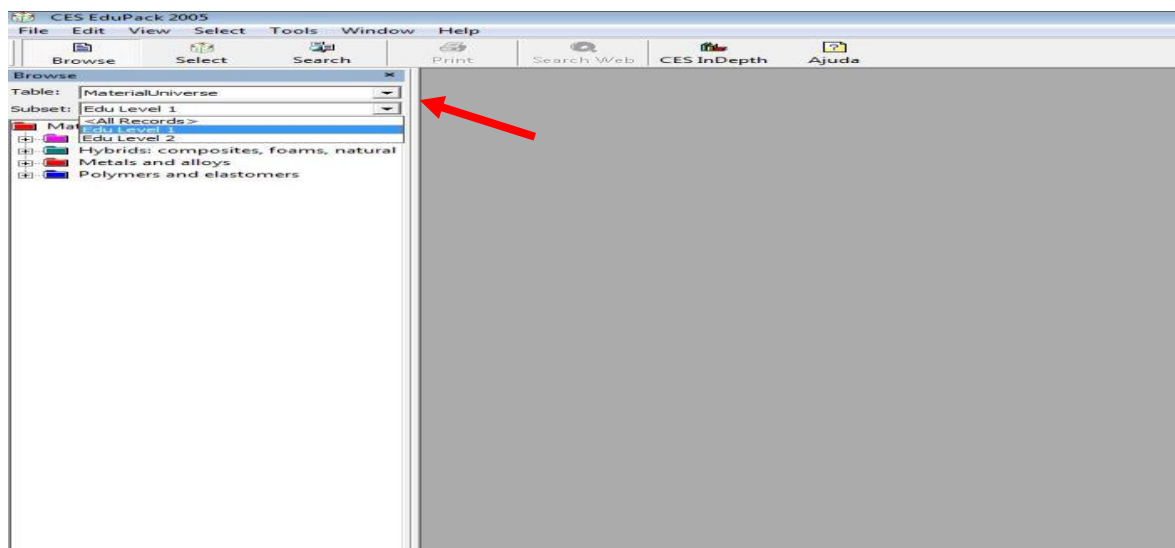


Figura 6.4-Campo *Subset* do navegador *Browse*
 Fonte: *Software CES EduPack 2005*

Após indicar o nível *Edu level 1*, o usuário pode iniciar o processo de pesquisa sobre os materiais. No *Edu Level 1*, ao selecionar o material, o usuário encontra todas as informações cadastradas do material naquele nível. As informações são as seguintes:

1. Descrição do material
2. Composição
3. Imagem e legenda
4. Propriedades gerais
 - a. Densidade
 - b. Preço
5. Propriedades mecânicas
6. Propriedades térmicas
7. Propriedades elétricas
8. Propriedades ópticas
9. Propriedades ecológicas
10. Informação de apoio – uso típico
11. Links de referência, universo de processos e produtores

Com o objetivo de informar sobre os materiais que os níveis 1 e 2 apresentam, ilustra-se, nas Figuras 6.5, 6.6 e 6.7, a seleção de um material metálico com essas informações. O escolhido é o aço de alto teor de carbono e as informações estão enumeradas de acordo com a lista de 11 itens citadas anteriormente.

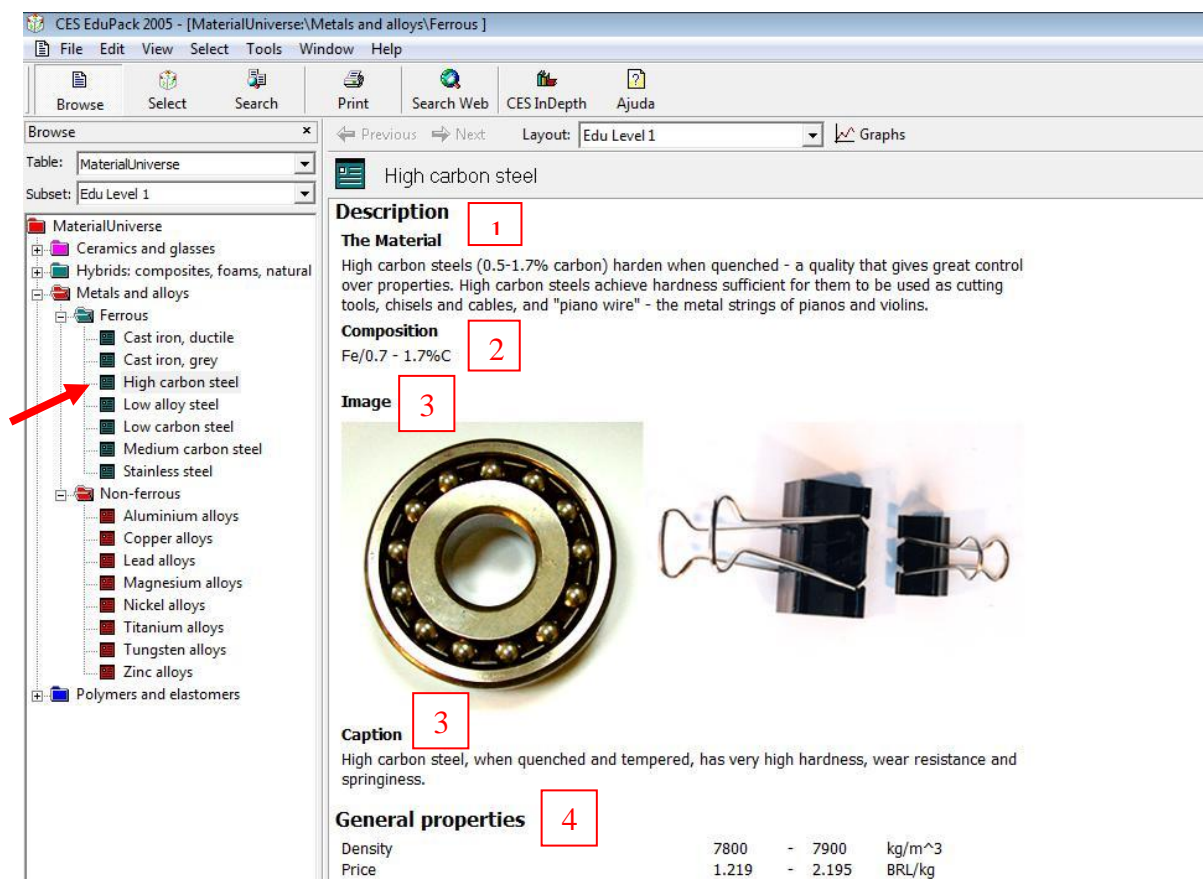


Figura 6.5-Informações do material no nível *Edu level 1*

Fonte: *Software CES EduPack 2005*

De acordo com a Figura 6.5, os números 1, 2, 3 e 4 representam, respectivamente, as seguintes informações: (1) descrição do material, (2) composição, (3) imagem e legenda e (4) propriedades gerais.

CES EduPack 2005 - [MaterialUniverse\Metals and alloys\Ferrous]

File Edit View Select Tools Window Help

Browse Select Search Print Search Web CES InDepth Ajuda

Browse: Previous Next Layout: Edu Level 1 Graphs

Table: MaterialUniverse
Subset: Edu Level 1

MaterialUniverse

- Ceramics and glasses
- Hybrids: composites, foams, natural
- Metals and alloys
 - Ferrous
 - Cast iron, ductile
 - Cast iron, grey
 - High carbon steel
 - Low alloy steel
 - Low carbon steel
 - Medium carbon steel
 - Stainless steel
 - Non-ferrous
 - Aluminium alloys
 - Copper alloys
 - Lead alloys
 - Magnesium alloys
 - Nickel alloys
 - Titanium alloys
 - Tungsten alloys
 - Zinc alloys
- Polymers and elastomers

High carbon steel

Mechanical properties

Young's Modulus	200	-	215	GPa
Elastic Limit	400	-	1155	MPa
Tensile Strength	550	-	1640	MPa
Elongation	7	-	30	%
Hardness - Vickers	160	-	650	HV
Endurance Limit	* 281	-	606	MPa
Fracture Toughness	27	-	92	MPa.m ^{1/2}

Thermal properties

Thermal conductor or insulator?	Good conductor			
Thermal Conductivity	47	-	53	W/m.K
Thermal Expansion	11	-	13.5	μstrain/°C
Specific Heat	440	-	510	J/kg.K
Melting Point	1289	-	1478	°C
Maximum Service Temperature	* 200	-	350	°C

Electrical properties

Electrical conductor or insulator?	Good conductor			
------------------------------------	----------------	--	--	--

Optical properties

Transparency	Opaque			
--------------	--------	--	--	--

Eco properties

Production Energy	24.3	-	26.9	MJ/kg
CO ₂ creation	2.06	-	2.28	kg/kg
Recycle	✓			

Supporting information

Typical uses

Cutting tools; high performance bearings, cranks and shafts, springs.

Figura 6.6-Informações do material no nível *Edu level 1*
Fonte: *Software CES EduPack 2005*

A Figura 6.6 ilustra as demais informações em relação às propriedades mecânicas (5), propriedades térmicas (6), propriedades elétricas (7), propriedades ópticas (8), propriedades ecológicas (9) e informação de apoio (10) – uso típico, enumeradas de 5 a 10, para o aço de alto teor de carbono. A Figura 6.7 finaliza as informações do material com o item 11.

CES EduPack 2005 - [MaterialUniverse\Metals and alloys\Ferrous]

File Edit View Select Tools Window Help

Browse Select Search Print Search Web CES InDepth Ajuda

Browse Table: MaterialUniverse Subset: Edu Level 1

MaterialUniverse

- Ceramics and glasses
- Hybrids: composites, foams, natural
- Metals and alloys
 - Ferrous
 - Cast iron, ductile
 - Cast iron, grey
 - High carbon steel
 - Low alloy steel
 - Low carbon steel
 - Medium carbon steel
 - Stainless steel
 - Non-ferrous
 - Aluminium alloys
 - Copper alloys
 - Lead alloys
 - Magnesium alloys
 - Nickel alloys
 - Titanium alloys
 - Tungsten alloys
 - Zinc alloys
- Polymers and elastomers

High carbon steel

Young's Modulus 200 - 215 GPa

Elastic Limit 400 - 1155 MPa

Tensile Strength 550 - 1640 MPa

Elongation 7 - 30 %

Hardness - Vickers 160 - 650 HV

Endurance Limit * 281 - 606 MPa

Fracture Toughness 27 - 92 MPa.m^{1/2}

Thermal properties

Thermal conductor or insulator? Good conductor

Thermal Conductivity 47 - 53 W/m.K

Thermal Expansion 11 - 13.5 μ strain/ $^{\circ}$ C

Specific Heat 440 - 510 J/kg.K

Melting Point 1289 - 1478 $^{\circ}$ C

Maximum Service Temperature * 200 - 350 $^{\circ}$ C

Electrical properties

Electrical conductor or insulator? Good conductor

Optical properties

Transparency Opaque

Eco properties

Production Energy 24.3 - 26.9 MJ/kg

CO2 creation 2.06 - 2.28 kg/kg

Recycle ✓

Supporting information

Typical uses

Cutting tools; high performance bearings, cranks and shafts, springs.

Links

Reference 11 ...

ProcessUniverse ...

Producers ...

No warranty is given for the accuracy of this data. Values marked * are estimates.

Figura 6.7-Informações do material no nível *Edu level 1*

Fonte: *Software CES EduPack 2005*

A Figura 6.7 apresenta o item 11, links de referência, universo de processos e produtores. Depois de visualizadas as principais informações dos materiais presentes no programa, parte-se para o detalhamento da árvore, no campo Universo de materiais, que mostra por nível todos os materiais que constam no banco de dados.

Selecionando o campo Universo de materiais têm-se as seguintes opções:

- Cêramica e Vidro
 - Cimento e concreto
 - Concreto
 - Argila refratária
 - Tijolo
 - Vidro

- Vidro borossilicato
 - Vidro sílica
 - Vidro sodocálcico
- Mineral e pedra
 - Pedra
- Cerâmica técnica (sintética)
 - Alumina
 - Nitreto de alumínio
 - Silício
 - Carboneto de silício
 - Carboneto de tungstênio
- Híbrido (compósito, espuma e material natural)
 - Compósito
 - Polímero
 - Compósito reforçado de fibra de carbono
 - Compósito de poliéster de vidro
 - Espuma
 - Espuma polimérica flexível
 - Espuma polimérica rígida
 - Material natural
 - Bambu
 - Cortiça
 - Couro
 - Madeira
- Metal e liga
 - Ferroso
 - Ferro fundido dúctil
 - Ferro fundido cinzento
 - Aço alto teor de carbono
 - Aço de baixa resistência
 - Aço de baixo teor de carbono

- Aço de médio teor de carbono
- Aço inoxidável
- Não ferroso
 - Liga de alumínio
 - Liga de cobre
 - Liga de chumbo
 - Liga de magnésio
 - Liga de níquel
 - Liga de titânio
 - Liga de tungstênio
 - Liga de zinco
- Polímero e Elastômero
 - Elastômero
 - Borracha butílica
 - Isopreno
 - Borracha natural
 - Policloropreno
 - Poliuretano
 - Elastômero de silicone
 - Termoplástico
 - Polímero de celulose
 - Ionômero
 - Poliamida
 - Policarbonato
 - Polietileno
 - Acrílico
 - Acetal
 - Polipropileno
 - Poliestireno
 - Poliuretano
 - Teflon

- Termorrígido
 - Resina epóxi
 - Fenólico
 - Poliéster

No nível *Edu Level 2*, são disponibilizadas mais informações do que no nível Edu level 1. Basicamente, o nível 2 apresenta a mesma configuração de informações que o nível 1. As informações presentes no nível 2 são as seguintes:

1. Descrição do material
2. Composição
3. Imagem e legenda
4. Propriedades gerais
 - a. Densidade
 - b. Preço
5. Propriedades mecânicas
6. Propriedades térmicas
7. Propriedades elétricas
8. Propriedades ópticas
9. Propriedades ecológicas
10. Processabilidade
11. Durabilidade
12. Informação de apoio – diretrizes de projeto, notas técnicas e uso típico
13. Links de referência, universo de processos e produtores

No nível 2, percebe-se que foram adicionados mais materiais no campo Universo de materiais, o que difere ainda mais do nível 1. Os materiais que foram adicionados neste nível estão sublinhados.

- Cêramica e vidro
 - Cimento e concreto
 - Cimento
 - Concreto
 - Gesso de Paris
 - Argila refratária
 - Tijolo

- Vidro
 - Vidro borossilicato
 - Vidro cerâmico
 - Vidro sílica
 - Vidro sodocálcico
- Mineral e pedra
 - Granito
 - Pedra calcária
 - Mármore
 - Arenito
- Cerâmica técnica (sintética)
 - Alumina
 - Nitreto de alumínio
 - Carboneto de boro
 - Silício
 - Carboneto de silício
 - Nitreto de silício
 - Carboneto de tungstênio
 - Zircônia
- Híbrido (compósito, espuma e material natural)
 - Compósito
 - Metal
 - Alumínio/carboneto de silício
 - Polímero
 - Compósito reforçado de fibra de carbono
 - Compósito de poliéster de vidro
 - Espuma
 - Espuma cerâmica
 - Espuma metálica
 - Espuma polimérica flexível
 - Espuma polimérica flexível
 - Espuma polimérica flexível

- Espuma polimérica flexível
 - Espuma polimérica rígida
 - Espuma polimérica rígida
 - Espuma polimérica rígida
 - Espuma polimérica rígida
- Material natural
 - Bambu
 - Cortiça
 - Madeira-de-lei: carvalho
 - Couro
 - Madeira compensada
 - Conífera: pinheiro
- Metal e liga
 - Ferrosos
 - Ferro fundido dúctil
 - Ferro fundido cinzento
 - Aço de alto teor de carbono
 - Aço de baixa resistência
 - Aço de baixo teor de carbono
 - Aço de médio teor de carbono
 - Aço inoxidável
 - Não-ferrosos
 - Alumínio e ligas
 - Liga de alumínio por endurecimento forjado
 - Liga de alumínio fundido
 - Liga de alumínio sem endurecimento forjado
 - Cobre e ligas
 - Latão
 - Bronze
 - Cobre
 - Chumbo e ligas
 - Chumbo comercialmente puro

- Ligas de chumbo
 - Magnésio e ligas
 - Ligas de magnésio fundido
 - Ligas de magnésio forjado
 - Níquel e ligas
 - Níquel
 - Superligas à base de níquel
 - Ligas níquel-cromo
 - Titânio e ligas
 - Titânio comercialmente puro
 - Ligas de titânio
 - Ligas de tungstênio
 - Zinco e ligas
 - Zinco comercialmente puro
 - Ligas de zinco de fundição
- Polímero e Elastômero
 - Elastômero
 - Borracha butílica
 - Isopreno
 - Borracha natural
 - Policloropreno
 - Poliuretano
 - Elastômeros de silicone
 - Termoplástico
 - Polímeros de celulose
 - Ionômero
 - Poliamida;
 - Policarbonato
 - Polietileno
 - Acrílico
 - Acetal
 - Polipropileno

- Poliestireno
- Poliuretano
- Teflon
- Termorrígido
 - Resina epóxi
 - Fenólico
 - Poliéster

Detalhado o campo do Universo de materiais, surge a necessidade de conhecer as informações sobre o campo Universo de processos. Obtêm-se para os níveis Edu Level1 e Edu Level 2 as seguintes opções: *All Processes* (Todos os processos), *Joining* (Junção), *Shaping* (Conformação) e *Surface Treatment* (Tratamento de superfície). A Figura 6.8 ilustra o campo Universo de processo e suas opções.

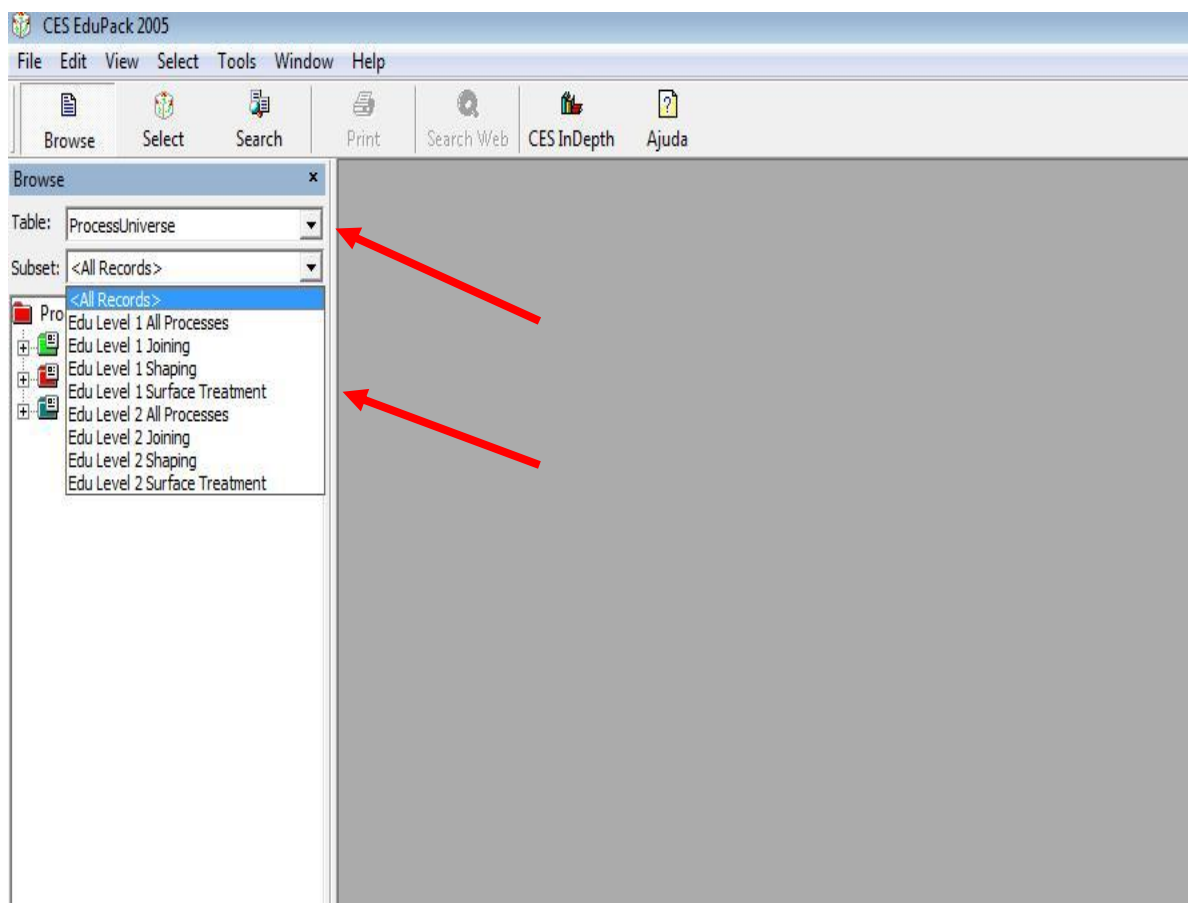


Figura 6.8-Detalhes do campo Universo do processo
 Fonte: *Software CES EduPack 2005*

A partir da Figura 6.8, detalha-se o Campo universo do processo, com o objetivo de observar os processos que estão vinculados aos materiais do nível *Edu level 1*. Para o *Edu level 2* são as opções no campo *Subset*, porém com adição de outros processos. Os processo para o *Edu level 2* também são descritos em sequência. É importante destacar que os processos adicionados ao nível 2 estão sublinhados.

Edu Level 1 – Universo de processos

- Junção
 - Adesivo
 - Adesivo flexível
 - Adesivo rígido
 - Fixação – *Fastener*
 - Rebitar e grampear - *Rivets and Staples*
 - Costurar - *Sewing*
 - Ajustar rebite - *Snap fit*
 - Rosqueamento de prendedores - *Threaded fasteners*
 - Solda mecânica
 - Soldagem por fricção - *Friction welding (metals)*
 - Soldagem ultrasônica - *Ultrasonic welding*
 - Solda térmica
 - Cerâmica
 - Soldagem de esmalte por difusão - *Diffusion and glaze bonding*
 - Metal
 - Brasagem – *Brazing*
 - Soldagem de esmalte por difusão - *Diffusion and glaze bonding*
 - Gás arco metálico- *Gas metal arc*
 - Gás arco tungstênio - *Gas tungsten arc*
 - Arco de metal manual - *Manual metal arc*
 - Soldagem a oxiacetileno - *Oxyacetylene welding*
 - Potência de feixe luminoso - *Power beam*
 - Soldagem por resistência - *Resistance welding*

- Soldagem – *Soldering*
 - Polímero
 - Soldagem de impulse via quente - *Hot bar and impulse welding*
 - Soldagem a gás quente - *Hot gas welding*
 - Soldagem na chapa quente - *Hot plate welding*
- Conformação
 - Fundição
 - Fundição sob pressão - *Die casting*;
 - Fundição pelo processo de “cera perdida” - *Investment casting*
 - Fundição de peça em areia - *Sand casting*
 - Formação de compósito
 - Bombinagem filamentar - *Filament winding*;
 - Método de amontoar - *Lay-up methods*
 - Pultrusão - *Pultrusion*
 - Moldagem por transferência de resina - *Resin transfer molding*
 - Pressão de moldagem a vácuo - *Vacuum and pressure bag moulding*
 - Conformação
 - Extrusão
 - Forjamento
 - Laminação
 - Conformação de chapas - *Sheet forming*
 - Estampagem de chapas - *Sheet stamping, drawing and blanking*
 - Usinagem
 - Operação de corte
 - Perfuração
 - Moldagem
 - Moldagem por sopro - *Blow moulding*
 - Moldagem por compressão - *Compression moulding*
 - Moldagem por dilatação de espuma - *Expanded foam moulding*
 - Moldagem por injeção - *Injection moulding*

- Extrusão de polímero - *Polymer extrusion*
- Fundição de resina - *Resin casting*
- Moldagem por rotação - *Rotational moulding*
- Termoformagem – *Thermoforming*
- Método de pó
 - Moldagem por injeção de pó - *Powder injection moulding*
 - Prensagem e sinterização - *Pressing and sintering*
- Prototipagem rápida
 - Impressão em 3 dimensões
 - Prototipagem baseada em deposição - *Deposition-based prototyping*
 - Prototipagem baseada em laser - *Laser-based prototyping*
- Tratamento de superfície
 - Tratamento térmico
 - Cementação e carbonitreção - *Carburising and carbonitriding*
 - Endurecimento por chama à indução - *Induction and flame hardening*
 - Nitreção- *Nitriding*
 - Pintura e impressão
 - Impressão de cúbicos - *Cubic printing*
 - Estampagem a quente - *Hot stamping*
 - Decoração em molde - *In-mould decoration*
 - Pintura a base de solvente orgânico - *Organic solvent-based painting*
 - Tampografia - *Pad printing*
 - Serigrafia - *Silk screen printing*
 - Estaltagem vítrea - *Vitreous enamelling*
 - Pintura à base de água - *Water-based painting*
 - Polimento
 - Ataque por reativo químico - *Chemical polishing*
 - Moagem e polimento mecânico - *Grinding and mechanical polishing*

- Texturização
- Revestimento exterior
 - Anodização
 - Revestimento eletrolítico
 - Galvanoplastia – *Electroplating*
 - Revestimento de pó em polímero - *Polymer powder coating*
 - Metalização de vapor - *Vapour metallizing*

Edu Level 2 – Universo de processos

- Junção
 - Adesivo
 - Adesivo flexível
 - Adesivo rígido
 - Fixação – *Fastener*
 - Rebitar e grampear - *Rivets and Staples*
 - Costurar – *Sewing*
 - Ajustar rebite - *Snap fit*
 - Rosqueamento de prendedores - *Threaded fasteners*
 - Solda mecânica
 - Soldagem por fricção - *Friction welding (metals)*
 - Soldagem ultrasônica - *Ultrasonic welding*
 - Solda térmica
 - Cerâmica
 - Soldagem de esmalte por difusão - *Diffusion and glaze bonding*
 - Metal
 - Brasagem – *Brazing*
 - Soldagem de esmalte por difusão - *Diffusion and glaze bonding*
 - Gás arco metálico - *Gas metal arc*
 - Gás arco tungstênio - *Gas tungsten arc*

- Arco de metal manual - *Manual metal arc*
 - Soldagem a oxiacetileno - *Oxyacetylene welding*
 - Potência de feixe luminoso - *Power beam*
 - Soldagem por resistência - *Resistance welding*
 - Soldagem – *Soldering*
- Polímero
 - Soldagem de impulse via quente - *Hot bar and impulse welding*
 - Soldagem a gás quente - *Hot gas welding*
 - Soldagem na chapa quente - *Hot plate welding*
- Conformação
 - Fundição
 - Processo de Fundição sob pressão - *Die casting processes*
 - Fundição por gravidade- *Gravity die casting*
 - Fundição de alta pressão - *High pressure die casting*
 - Fundição de baixa pressão - *Low pressure die casting*
 - Fundição pelo processo de “cera perdida” - *Investment casting processes*
 - Fundição de molde por evaporação de revestimento cerâmico - *Ceramic Shell evaporative mould casting*
 - Processo de Fundição em areia - *Sand casting processes*
 - Fundição de molde de areia por evaporação - *Evaporative mould sand casting*
 - Fundição de baixa pressão em areia - *Low pressure sand casting*
 - Formação de compósito
 - Processo avançado de formação de compósitos - *Advanced composite forming processe*
 - Moldagem por autoclave - *Autoclave moulding*
 - Pultrusão – *Pultrusion*
 - Moldagem por transferência de resina - *Resin transfer molding*

- Pressão de moldagem a vácuo - *Vacuum and pressure bag moulding*
- Processo avançado de formação de compósitos - *Conventional composite forming processes*
 - Moldagem BMC
 - Bombinagem filamentar - *Filament winding*
 - Método de amontoar - *Lay-up methods*
 - Moldagem SMC
- Conformação
 - Processo de conformação granel - *Bulk deformation processes*
 - Extrusão
 - Forjamento
 - Laminação
 - Estampagem
 - Processo de conformação de chapas - *Sheet deformation processes*
 - Conformação de chapas - *Sheet forming*
 - Estampagem de chapas - *Sheet stamping, drawing and blanking*
 - Turbilhonamento - *Spinning*
- Usinagem
 - *Usinagem convencional*
 - Serra de fita - *Band sawing*
 - Serra circular - *Circular sawing*
 - Corte de guilhotina - *Cropping and guillotining*
 - Perfuração
 - Corte a maçarico - *Flame cutting*
 - Moagem
 - Torneamento
 - Usinagem não convencional
 - Usinagem de corte de jato abrasivo - *Abrasive Jet machining and cutting*

- Usinagem por descarga elétrica - *Electric discharge wire cutting*
- Usinagem a laser - *Laser cutting*
- Usinagem por jato de água - *Water-jet cutting*
- Moldagem
- Moldagem de termoplástico
 - Moldagem por sopro - *Blow moulding*
 - Moldagem por dilatação de espuma - *Expanded foam moulding*
 - Moldagem por injeção - *Injection moulding*
 - Extrusão de polímeros - *Polymer extrusion*
 - Moldagem por rotação - *Rotational moulding*
 - Termoformagem - *Thermoforming*
- Moldagem de termofixos - Thermoset moulding
 - Moldagem por compressão - *Compression moulding*
 - Moldagem por injeção - *Injection moulding, thermosets*
 - Moldagem reativa por injeção - *Reaction injection moulding*
 - Fundição por resina - *Resin casting*
- Método de pó
 - Processo de moldagem por pó - Powder moulding processes
 - Moldagem por injeção de pó - *Powder injection moulding*
 - Fundição de fita - *Tape casting*
 - Processo de pressão de pó - Powder pressing processes
 - Prensagem a quente isostática - *Hot isostatic pressing*
 - Prensagem e sinterização
- Prototipagem rápida
 - Métodos de deposição - Deposition methods
 - Impressão em três dimensões
 - Prototipagem baseada em deposição - *Deposition-based prototyping*
 - Métodos baseados em laser - Laser-based methods

- Fabricação de objetos laminados - *Laminated object manufacture*
 - Sinterização a laser de metal e cerâmica - *Laser sintering, metal and ceramics*
 - Sinterização a laser de polímero - *Laser sintering, polymers*
 - Estereolitografia – *Stereolithography*
- Tratamento de superfície
 - Tratamento térmico
 - Cementação e carbonitretação - *Carburising and carbonitriding*
 - Endurecimento por chama á indução - *Induction and flame hardening*
 - Nitretação- *Nitriding*
 - Pintura e impressão
 - Impressão de cúbicos - *Cubic printing*
 - Estampagem a quente - *Hot stamping*
 - Decoração em molde - *In-mould decoration*
 - Pintura a base de solventes orgânicos - *Organic solvent-based painting*
 - Tampografia - *Pad printing*
 - Serigrafia - *Silk screen printing*
 - Estaltagem vítrea - *Vitreous enamelling*
 - Pintura à base de água - *Water-based painting*
 - Polimento
 - Ataque por reativo químico - *Chemical polishing*
 - Moagem e polimento mecânico - *Grinding and mechanical polishing*
 - Texturização
 - Revestimento exterior
 - Anodização
 - Revestimento eletrolítico
 - Galvanoplastia – *Electroplating*
 - Revestimento de pó em polímero - *Polymer powder coating*

- Metalização de vapor - *Vapour metallizing*

Finalizado o campo Universo de processos, passa-se a explorar o campo de Produtores (Fornecedores). A Figura 6.9 apresenta as principais informações.

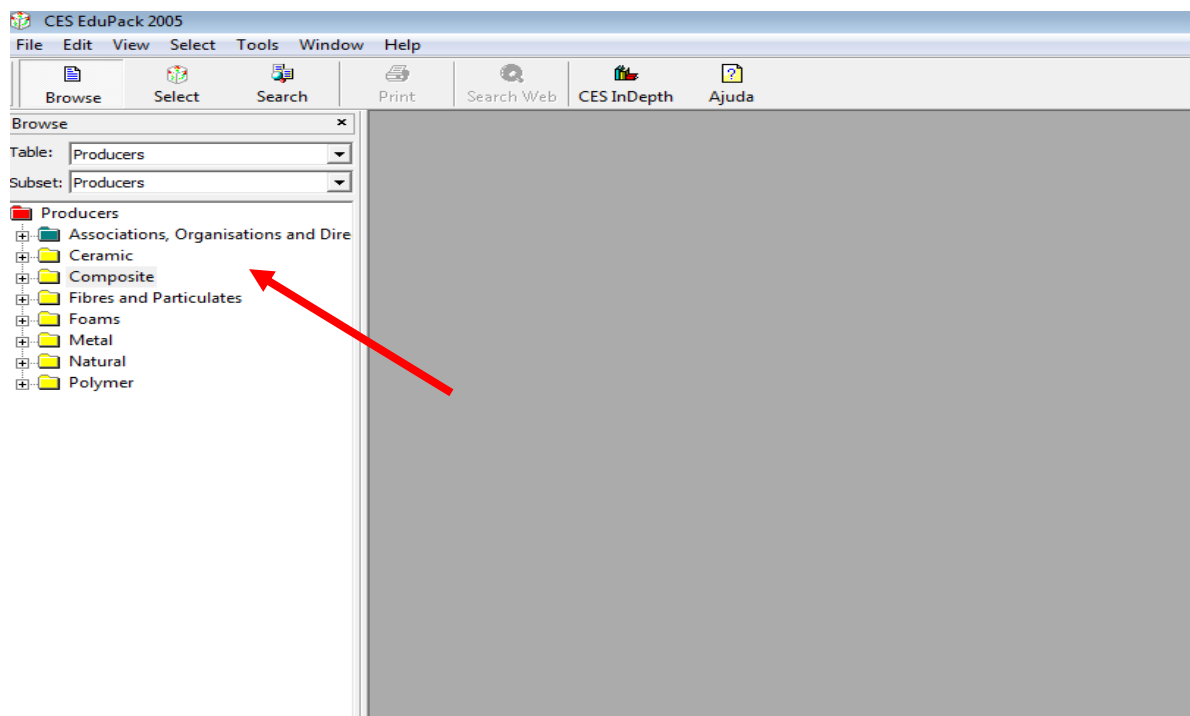


Figura 6.9- Informações do campo Produtores

Fonte: *Software CES EduPack 2005*

De acordo com a Figura 6.9, observa-se que, ao seleccionar o campo Produtores de materiais, surge uma relação dos principais fornecedores dos materiais que foram cadastrados no banco de dados. O campo segue a seguinte classificação:

- Associação, organização e diretoria
- Cerâmica
- Compósito
- Fibra e particulado
- Espuma
- Metal
- Natural
- Polímero

Quando as opções anteriores são selecionadas, surgem informações sobre os fornecedores, como nome da empresa, materiais e marcas, algumas notas e links de referência.

A Figura 6.10 ilustra o campo Referências, sendo este o último item a ser explorado do menu *browse*.

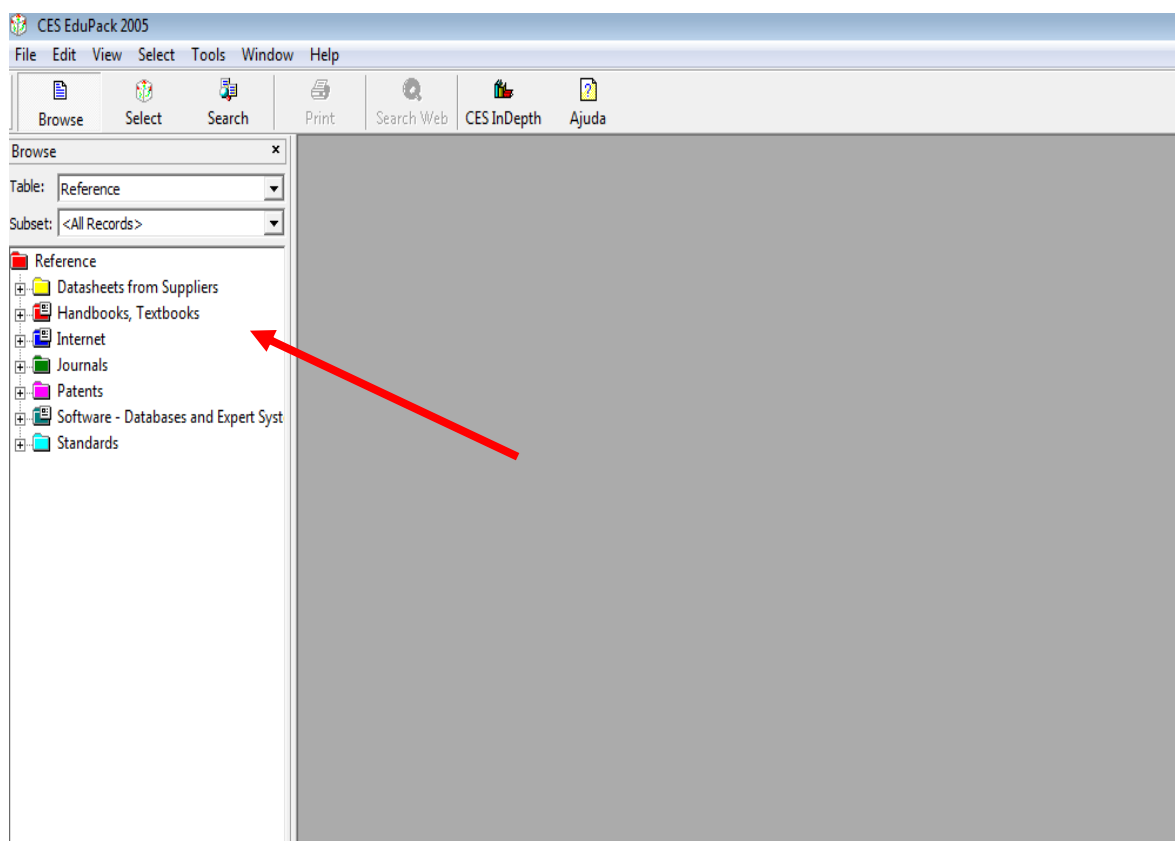


Figura 6.10- Campo Referência no menu *browse*
Fonte: Software CES EduPack 2005

Observa-se, na Figura 6.10, que, ao selecionar o campo Referência no menu *Browse*, o banco de dados do programa disponibiliza informações de referências sobre os materiais e processos, como ficha técnica dos fornecedores, livros e manuais, endereços de *sites*, periódicos, patentes, *softwares* e normas.

Finalizada a discussão do menu *Browse*, o próximo passo é explorar o menu *Select*. A Figura 6.11 ilustra as opções que são sugeridas.

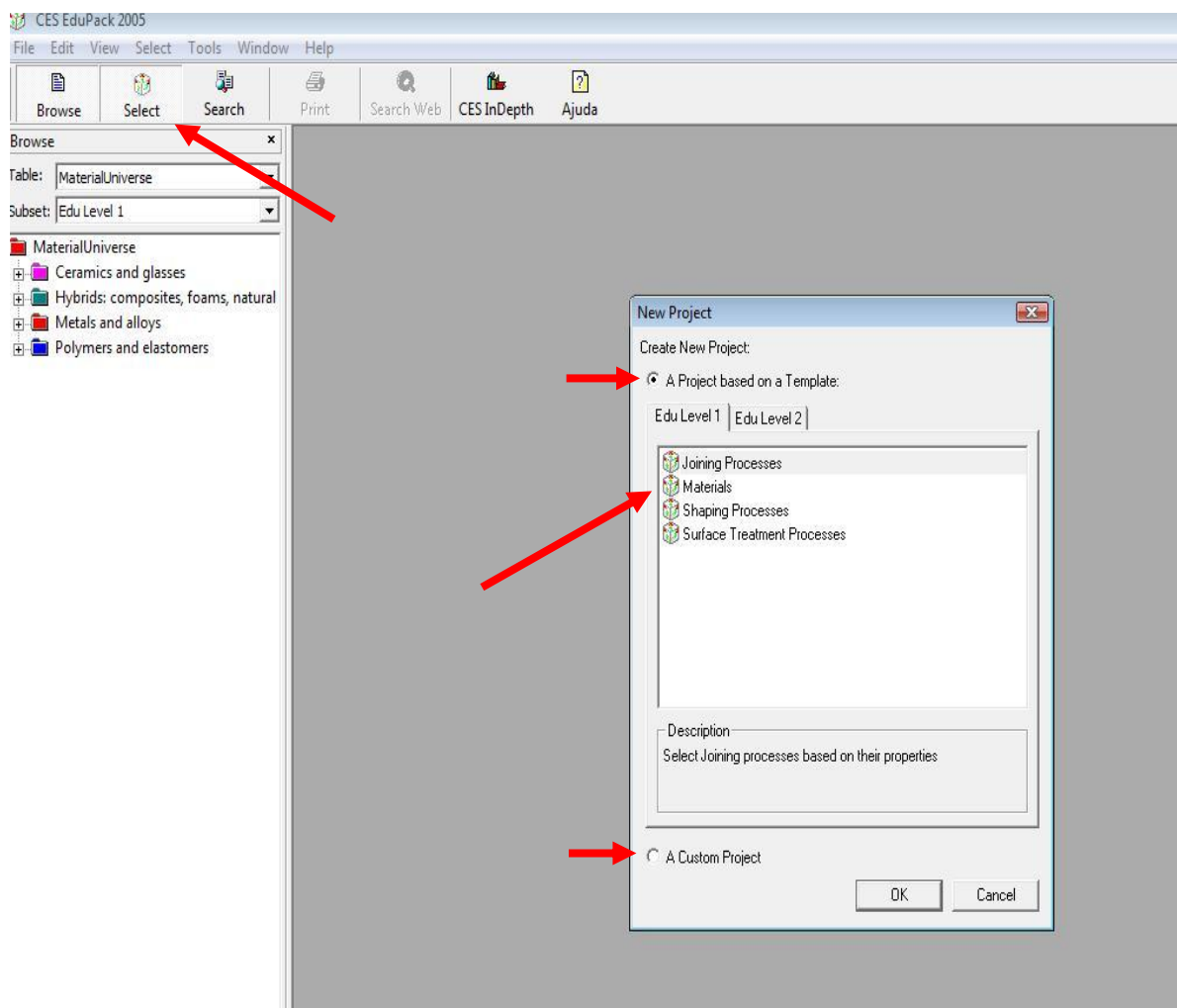


Figura 6.11- Explorando o menu Select

Fonte: *Software CES EduPack 2005*

De acordo com a Figura 6.11, ao abrir o menu *Select*, é mostrada uma janela, com as opções Projeto baseado em um modelo e Projeto customizado. Pode-se trabalhar com os níveis *Edu level 1* ou *Edu level 2* para essas opções. A mudança de um nível para outro é o universo de possibilidades de escolha. Pode-se escolher e selecionar:

- Processo de junção
- Material
- Processo de conformação
- Processo de tratamento superficial

A Figura 6.12 ilustra os parâmetros que aparecem quando o usuário escolhe a opção Projeto baseado no modelo, indicado na Figura 6.11.

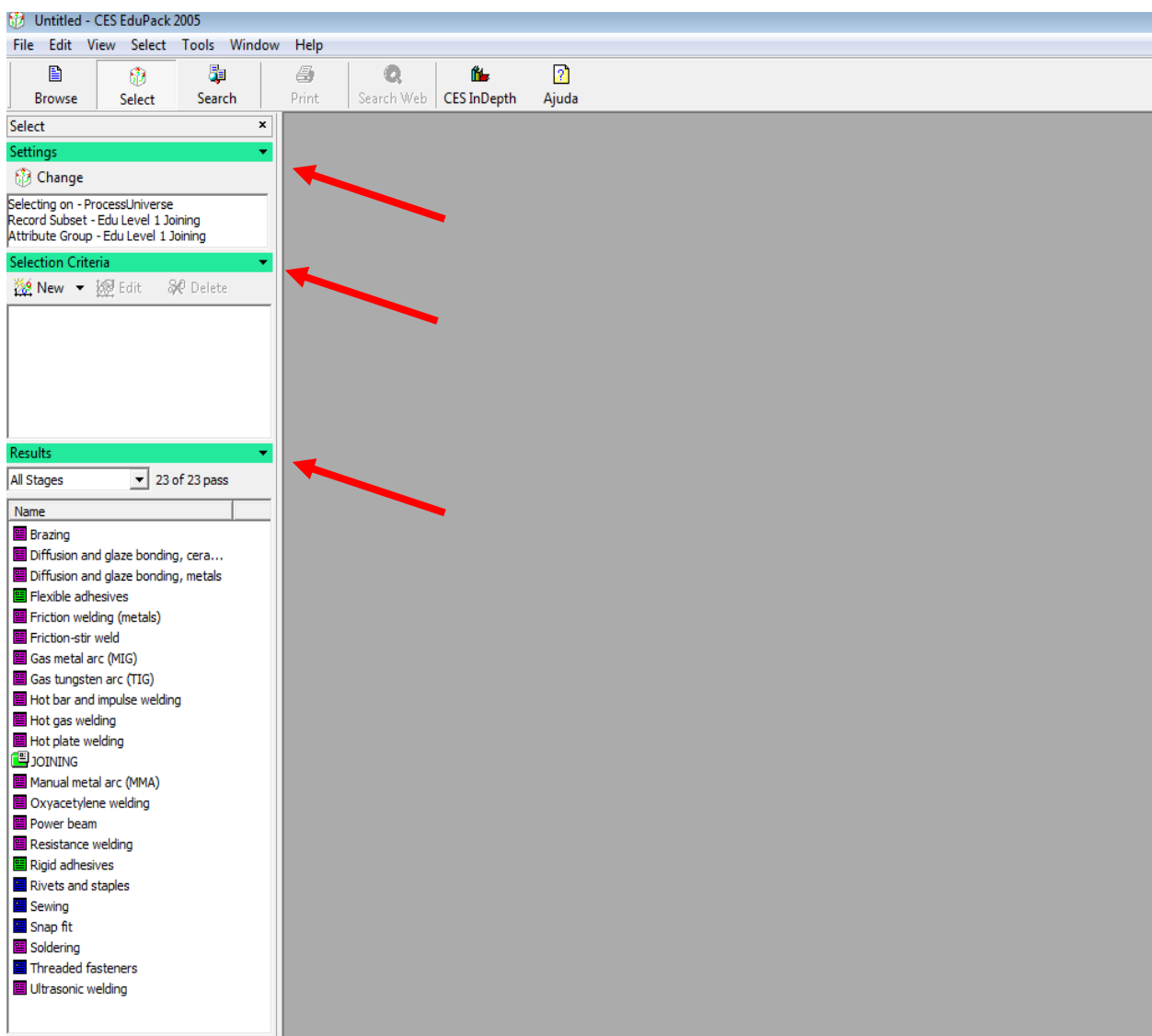


Figura 6.12- Projeto baseado no modelo

Fonte: *Software CES EduPack 2005*

De acordo com a Figura 6.12, ao escolher trabalhar com Projeto baseado em um modelo, o menu passa a ser dividido nas seguintes opções:

- Ajustes (*settings*): pode-se voltar para a tela anterior, por meio do botão *change*, e mudar para outro tipo de seleção (por exemplo, materiais).
- Selecionar critérios: criam-se, em *New*, critérios de seleção do material ou processo. Isso é feito em estágios, e em cada estágio os processos ou materiais são eliminados da lista de resultados à medida que passam a atender aos critérios analisados. Podem-se escolher os critérios por meio de:

- Gráfico: escolhe-se a categoria do atributo e o atributo será comparado no gráfico. Isso é feito para o eixo X e para o eixo Y. Assim todos os materiais ou processos são plotados no gráfico.
- Limites: ao selecionar o estágio de limite, há uma tela com a opção Marcar ou Entrar com valores, para determinados atributos, desejáveis ou não no material ou processo.
- Árvore: podem-se selecionar os processos, materiais ou referências, de acordo com os critérios desejados. Em seguida o programa filtra quais materiais ou processos passam pelos critérios, listando-os nos resultados.
- Resultados: na tela são, inicialmente, mostrados todos os materiais ou processos possíveis para o nível e modelo escolhidos. Após cada estágio dos critérios, os materiais ou processos passam por um processo de eliminação pela lista de resultados, até que tenham sido filtrados todos os critérios desejados para a seleção. Esse recurso permite que se possam ver os resultados por estágio, como quantos do total passaram em cada estágio e quantos passaram de todos os estágios consecutivos (resultado final).

Observam-se, na Figura 6.13, as opções sugeridas para o usuário, caso escolha trabalhar com Projeto customizado.

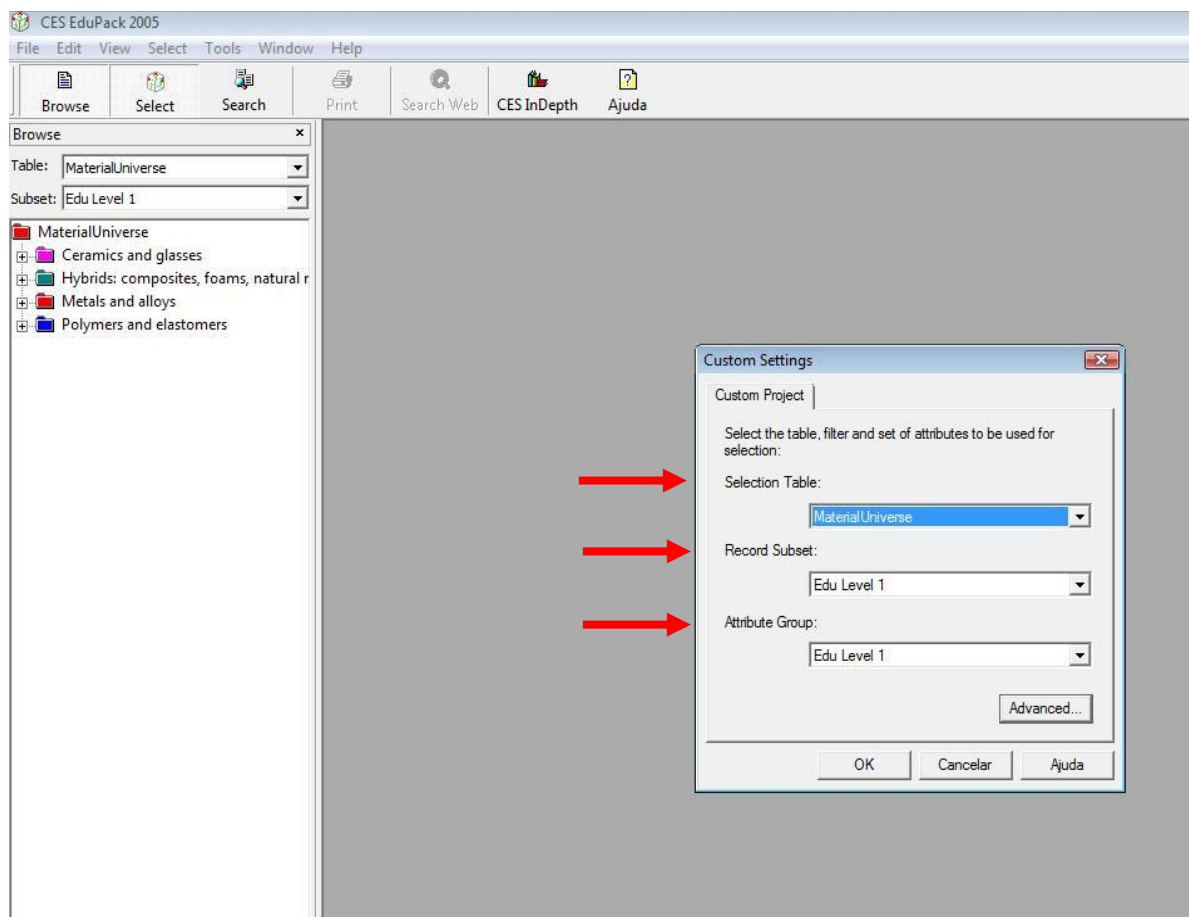


Figura 6.13-Projeto customizado
 Fonte: *Software CES EduPack 2005*

Verifica-se, na Figura 6.13, uma janela contendo as opções para o usuário trabalhar com Projeto customizado. Na opção *Table* o usuário seleciona o campo desejado: Universo de materiais, Processos, Produtores ou Referência. Na opção Subgrupo, escolhe, entre os níveis 1 e 2, neste caso, o maior número de informação para o nível mais alto. E, por último, na opção Grupo de atributos (nível 1 ou 2), o nível dos atributos a serem considerados na seleção dos critérios.

O processo ou método de seleção de materiais realizado pelo *software*, a partir de requisitos funcionais previamente definidos, inicia-se pelas opções discutidas anteriormente (Figuras 6.12 e 6.13).

A Figura 6.14 ilustra a página inicial do processo de seleção de materiais.

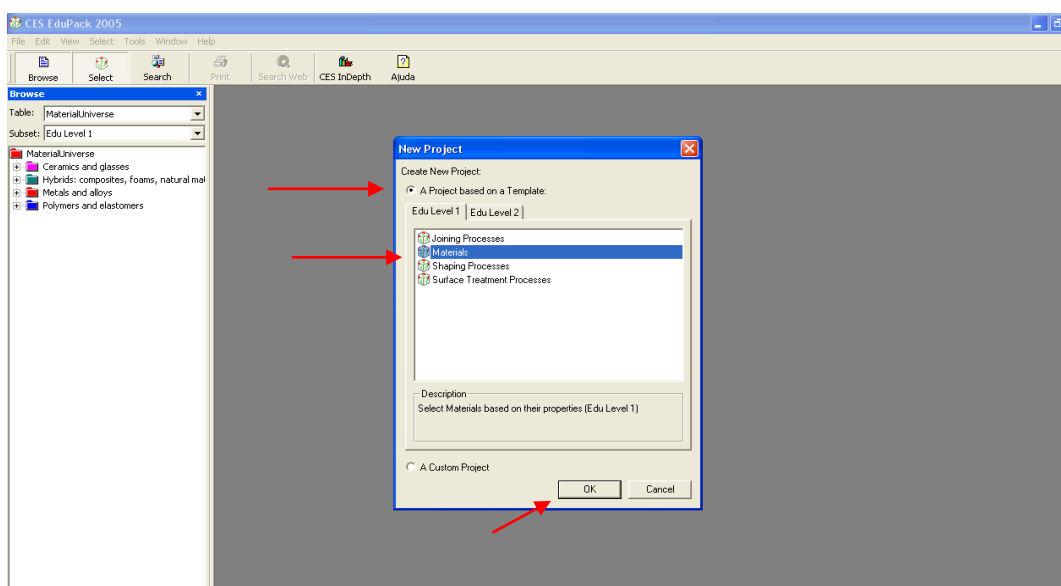


Figura 6.14-Página inicial do processo de seleção
Fonte: *Software CES EduPack 2005*

Observa-se, na Figura 6.14, que, ao usuário clicar em Projeto baseado em um modelo, surgem as opções de trabalhar com o Nível 1 ou com o Nível 2. Além do mais, pode-se escolher entre as seguintes opções: Processo de junção, Materiais, Processos de conformação e Processos de tratamento superficial. Para melhor compreensão do processo de seleção, são selecionadas as opções Nível 1 e materiais. Clica-se em ok e surge uma nova página para a escolha dos estágios de seleção, indicados na Figura 6.15.

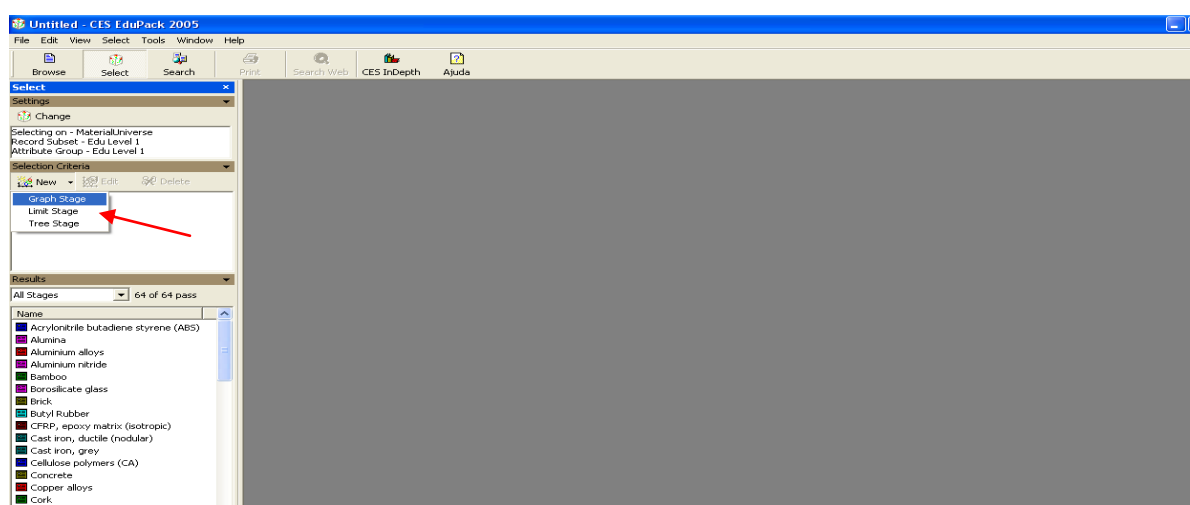


Figura 6.15-Escolha dos estágios de seleção
Fonte: *Software CES EduPack 2005*

De acordo com a Figura 6.15, no item New (novo) da opção Critério de seleção, o usuário pode escolher iniciar seu processo de seleção por meio do Gráfico, dos Limites e da Árvore, já comentados na Figura 6.12. Nesse caso, para fins de apresentação do processo de seleção, opta-se por iniciar pelo gráfico, como o primeiro estágio de seleção. Ao clicar na opção Estágio gráfico, surge uma tela, Figura 6.16, para o usuário escolher, em função dos eixos X e Y, as categorias que serão plotados no gráfico.

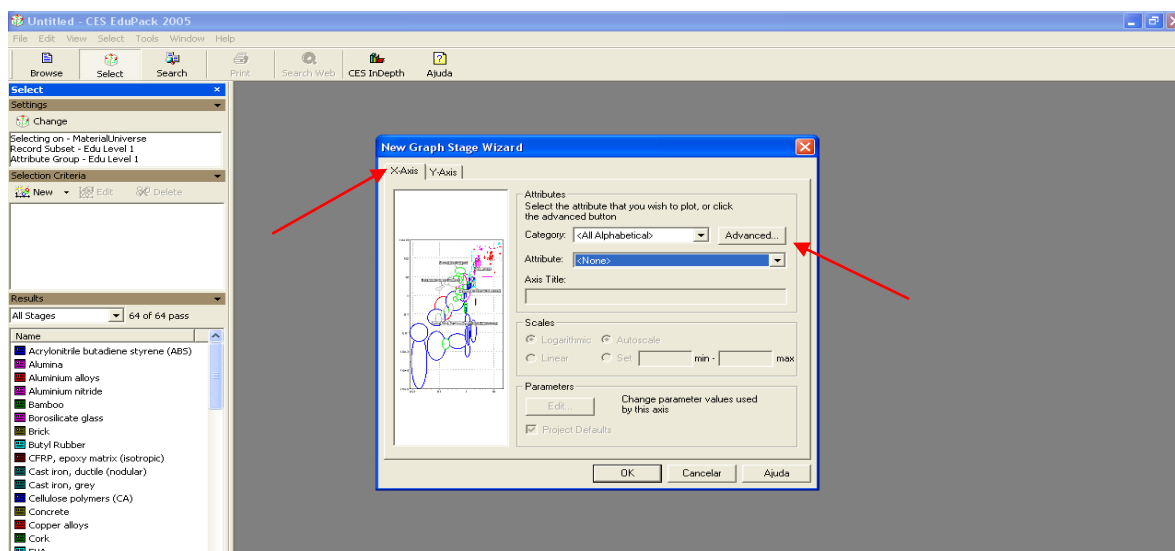


Figura 6.16-Início do processo de seleção pelo gráfico
Fonte: *Software CES EduPack 2005*

A Figura 6.17 ilustra a escolha da categoria para a plotação do gráfico em função do eixo X.

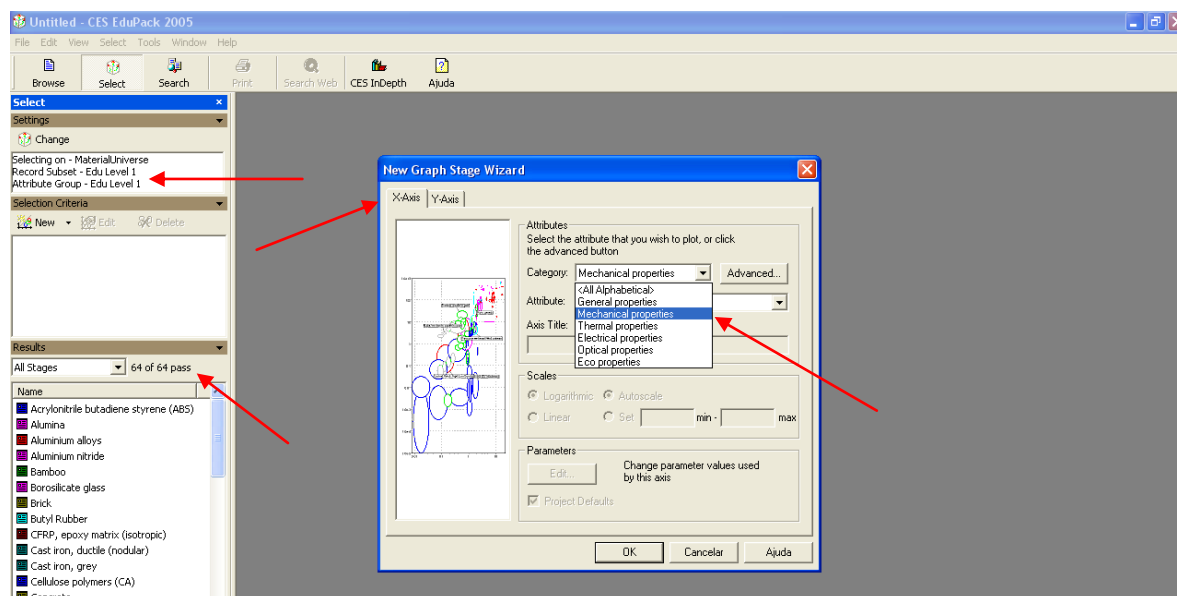


Figura 6.17-Escolha da categoria propriedades mecânicas para o eixo X
Fonte: *Software CES EduPack 2005*

Verifica-se, na Figura 6.17, que, para o eixo X, foi escolhido a categoria Propriedades mecânicas. Para o eixo Y t foi escolhida a mesma categoria do eixo X, porém o usuário pode preferir relacionar com outra categoria conforme a lista de propriedades presente na Figura 6.17. Observa-se também que existem 64 materiais para serem selecionados no universo de materiais, relacionados no Nível 1, escolhendo-se Atributos do Nível 1. O usuário pode selecionar o Nível 2 com Atributos do nível 1 ou vice-versa. A Figura 6.18 apresenta a escolha do atributo para o eixo X.

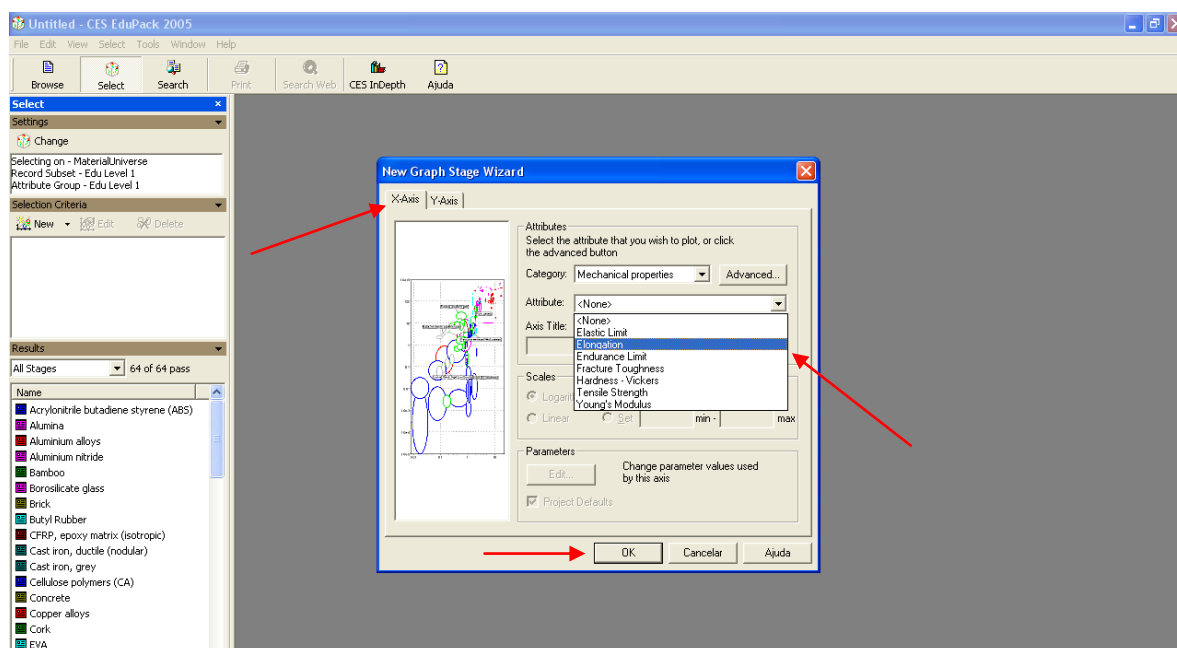


Figura 6.18- Escolha da categoria Elongação para o eixo X

Fonte: *Software CES EduPack 2005*

A Figura 6.18 ilustra a escolha da categoria elongação para o eixo X. O passo seguinte é escolher a categoria e o atributo para o eixo Y, indicado pela Figura 6.19.

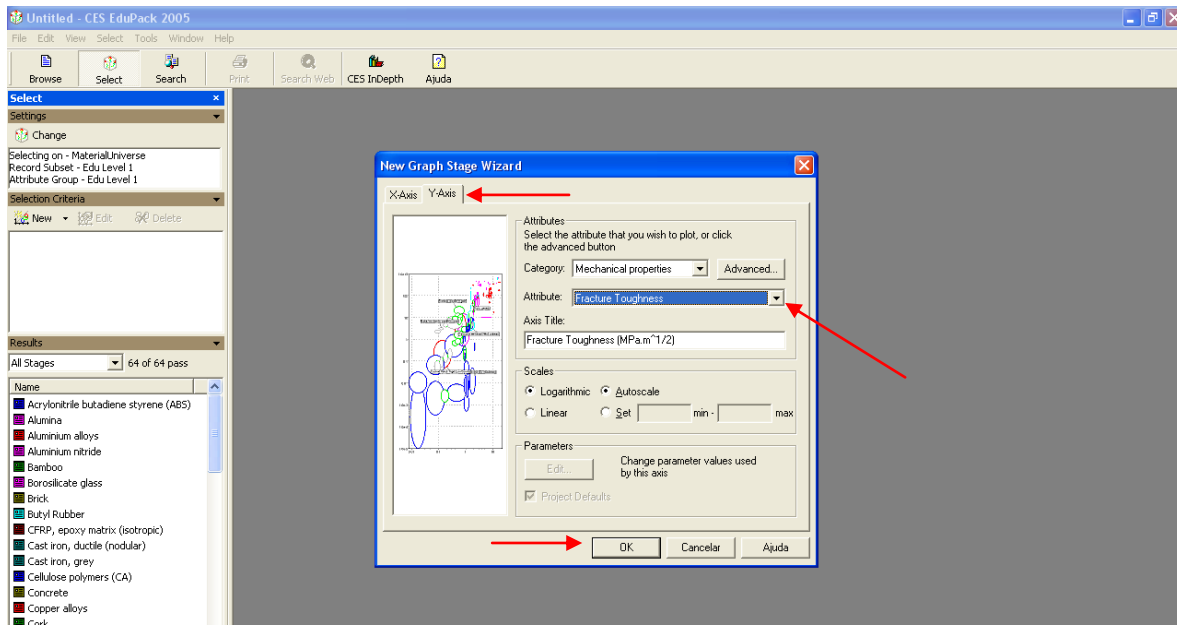


Figura 6.19-Escolha da categoria Propriedades mecânicas e do atributo Elongação para o eixo Y
Fonte: Software CES EduPack 2005

Observa-se, na Figura 6.19, que o usuário escolhe para o eixo Y a categoria Propriedades mecânicas e o atributo Ductilidade à fratura. O passo seguinte é clicar em ok e obter o Gráfico Elongação x Ductilidade à fratura, de acordo com a Figura 6.20. Vale ressaltar que se plotou o gráfico, em função dos atributos, para fins de exemplificação.

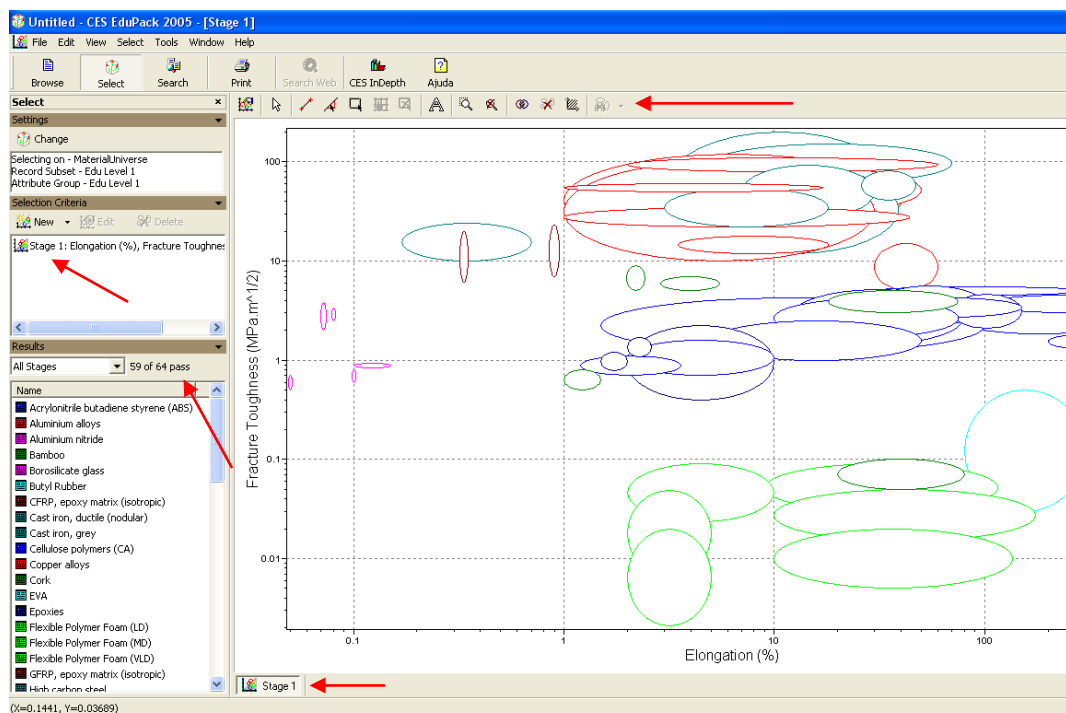


Figura 6.20-Exemplo de plotagem de gráfico: Elongação (X) versus Ductilidade à fratura (Y)
Fonte: Software CES EduPack 2005

De acordo com a Figura 6.20, observa-se que no gráfico aparecem vários semicírculos, que representam os 59 dos 64 materiais que passaram no primeiro estágio de seleção em função dos atributos escolhidos. Ao clicar nos semicírculos, o usuário tem como saber qual o material que o semicírculo representa, pois aparece a sua denominação. O próximo passo é o usuário utilizar a barra de ferramentas do gráfico para fazer a seleção em função dos valores dos atributos que estão mais próximos do que ele espera para o material que busca selecionar. A Figura 6.21 exemplifica o uso de uma das opções da barra de ferramentas do gráfico.

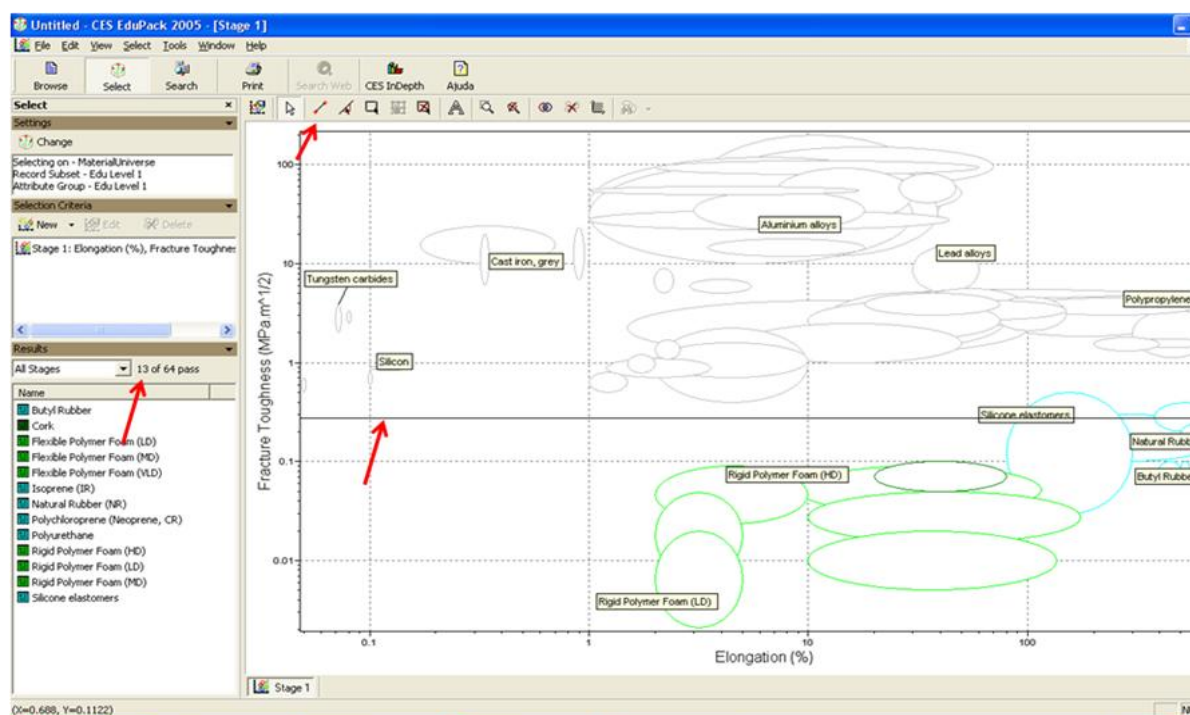


Figura 6.21- O uso da barra de ferramentas
Fonte: Software CES EduPack 2005

Na Figura 6.21, o usuário utiliza o ícone Seleção de linha para indicar uma região do gráfico que considera o valor mais próximo do atributo ductilidade à fadiga para o material que busca selecionar. Quando o usuário indica a linha de seleção na região do gráfico, o programa seleciona 13 dos 64 materiais disponíveis, que estão selecionados abaixo da linha. A Figura 6.22 indica o processo de seleção por meio dos limites do atributo selecionado pelo usuário, que passa a ser denominado como segundo estágio.

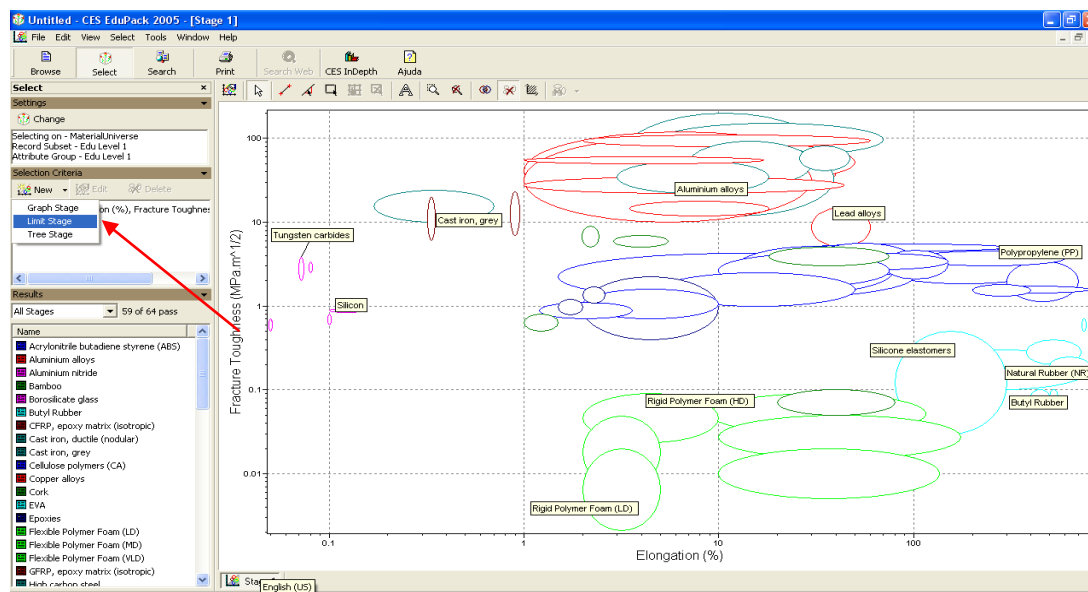


Figura 6.22-Processo de seleção a partir dos limites
Fonte: Software CES EduPack 2005

Ao indicar o estágio limite na Figura 6.22, o programa direciona um campo novo para o usuário, representado na Figura 6.23.

Properties	Minimum	Maximum	Units
Young's Modulus			GPa
Elastic Limit			MPa
Tensile Strength			MPa
Elongation			%
Hardness - Vickers			HV
Endurance Limit			MPa
Fracture Toughness			MPa·m ^{1/2}

Figura 6.23-Campo para inserir dados no processo de seleção a partir dos limites
Fonte: Software CES EduPack 2005

Observa-se na Figura 6.23 o campo em que o usuário deve inserir Atributos (Propriedades) próximos das especificações do material. São inseridos valores mínimos e máximos. Esse

processo refere-se ao segundo estágio da seleção. A Figura 6.24 apresenta o terceiro estágio, que utiliza a árvore como forma de selecionar o material.

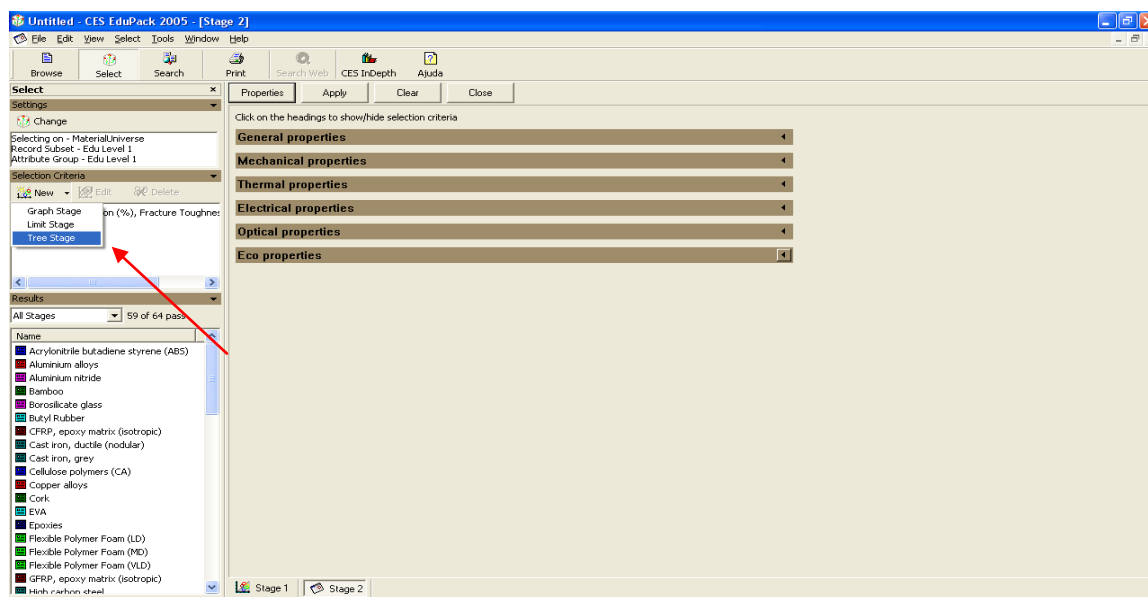


Figura 6.24-Processo de seleção a partir da Árvore
Fonte: Software CES EduPack 2005

Quando o usuário seleciona o estágio Árvore, Figura 6.24, surge uma janela com opções de seleção, conforme a Figura 6.25.

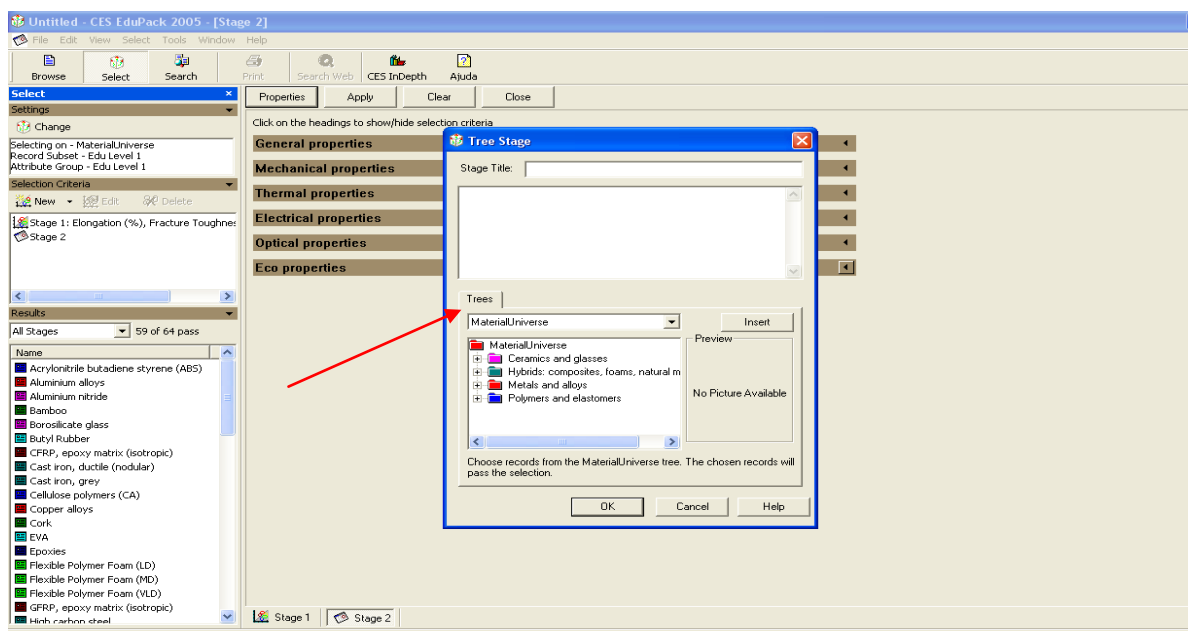


Figura 6.25-Campo de inserção de dados para o processo de seleção pela árvore
Fonte: Software CES EduPack 2005

Com o propósito de exemplificar o uso da árvore, escolhem-se, no universo dos materiais, os metais e ligas como uma seleção preliminar. Assim, o usuário indica que o material a ser escolhido faz parte do grupo dos metais e ligas, como demonstra a Figura 6.25. Em seguida, clica-se em ok e obtém-se o resultado da seleção, indicado pela Figura 6.26.

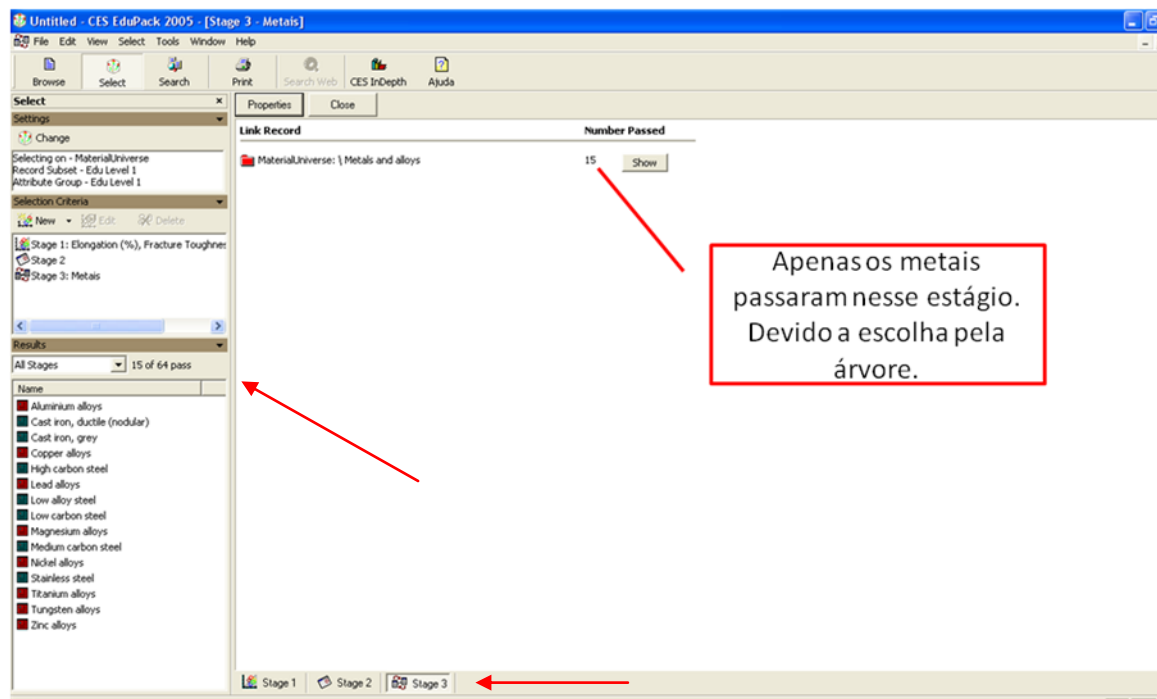


Figura 6.26-Resultado do processo de seleção pela árvore
Fonte: Software CES EduPack 2005

Observa-se, pela Figura 6.26, que a Árvore seleciona no universo dos materiais apenas os metais e suas ligas, obtendo-se como resultado 15 materiais metálicos dos 64 materiais.

O usuário, no processo de seleção, pode incluir vários estágios com o uso dos Gráficos, Limites e Árvores, até que obtenha o material desejado. Não existe uma ordem para utilizar os estágios, isto é, o usuário pode iniciar seu processo pelos Limites ou pela Árvore ou pelos Gráficos. O interessante é iniciar com o estágio que vai eliminar outros materiais que não possuem as especificações de que o material a ser escolhido necessita.

É importante destacar que se utiliza para o projeto customizado o mesmo procedimento de seleção adotado para o projeto baseado em um modelo, independentemente dos níveis 1(Introdutório), 2 (Intermediário) e 3 (Avançado).

Na Figura 6.27 observam-se as opções para o menu *Search* (pesquisar).

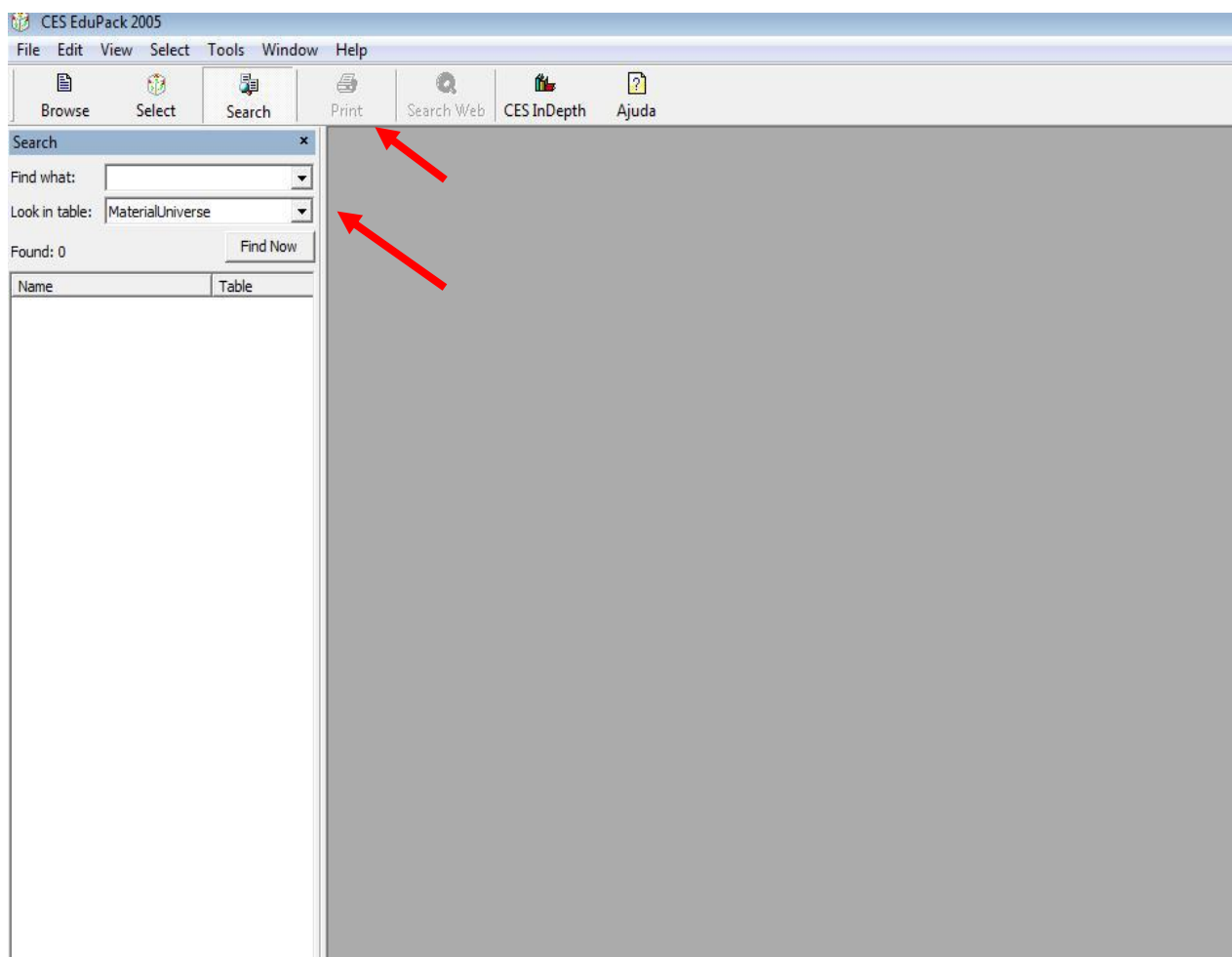


Figura 6.27- Explorando o menu Search
Fonte: *Software CES EduPack 2005*

De acordo com a Figura 6.27, o menu *Search* permite que se realize uma pesquisa, no universo de materiais, do Universo de processos, Produtores ou Referências, servindo para agilizar o processo de busca por determinado item. Observa-se também na Figura 6.27 o menu *Print* (imprimir), responsável por imprimir as descrições de cada material ou processo e até os estágios dos critérios de seleção.

Na Figura 6.28 estão indicados os menus *Search Web*, *CESInDepth* e *Ajuda*.

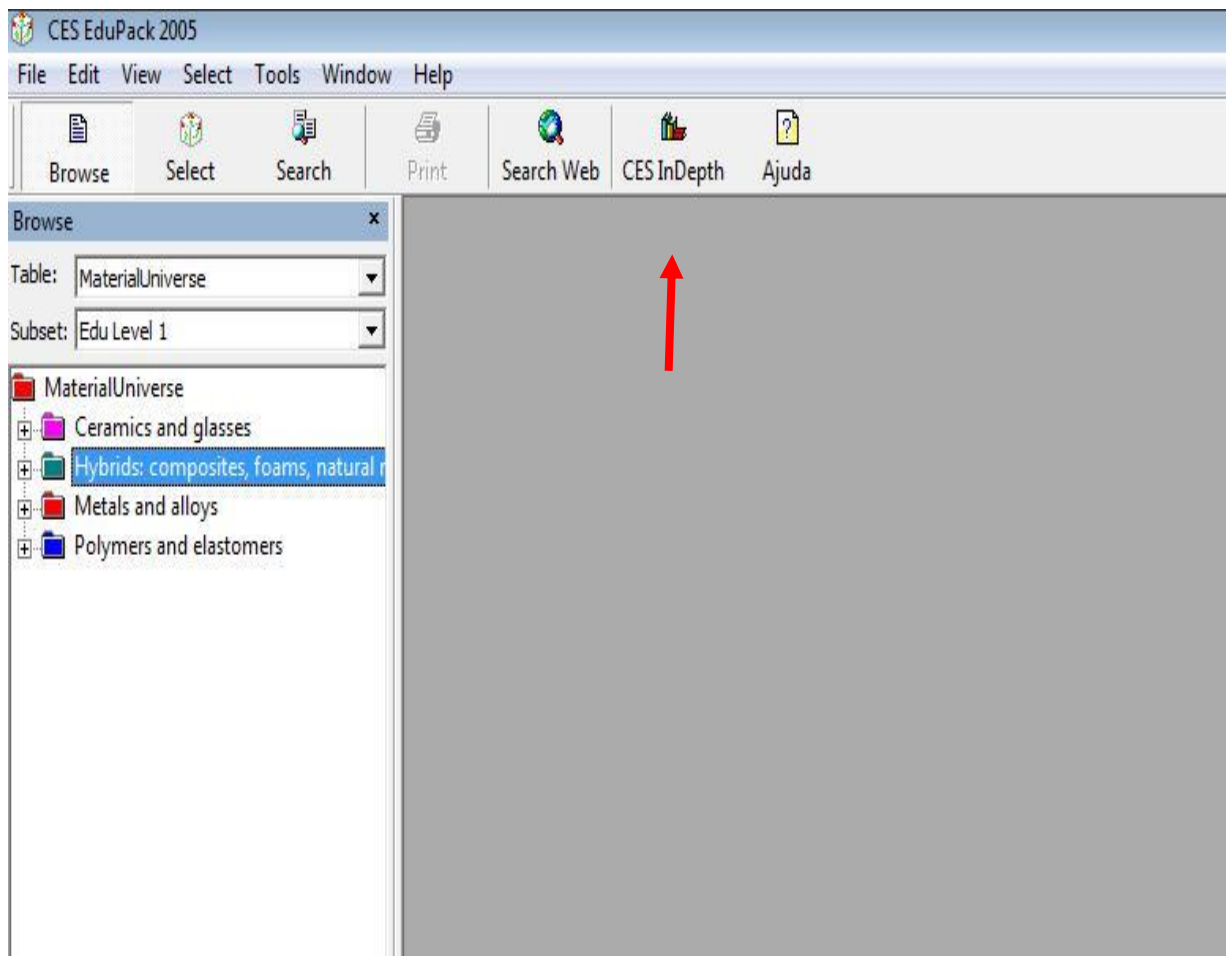


Figura 6.28-Explorando os menus *Search Web*, *CES InDepth* e *Ajuda*
 Fonte: *Software CES EduPack 2005*

Pela Figura 6.28, verifica-se que o item *Search Web* direciona o usuário para um *site* da web (matdata.net) que possui informações que podem vir a ser úteis para a seleção, enquanto os itens *CES InDepth* e *Ajuda* visam a auxiliar o usuário do *software* na sua utilização. Com a ilustração da Figura 6.28, finaliza-se o detalhamento da barra do menu principal do programa. É importante lembrar que, independentemente dos níveis 1, 2 e 3, as opções da barra de menu principal possuem a mesma configuração.

O próximo passo é apresentar as opções que configuram o nível 3 (*level 3 advanced*), que apresenta a mesma configuração dos níveis 1 e 2, mas foram adicionados outros materiais com um detalhamento maior de informações e outros parâmetros na opção *Table* do *Browse*.

A Figura 6.29 apresenta a configuração do nível 3.

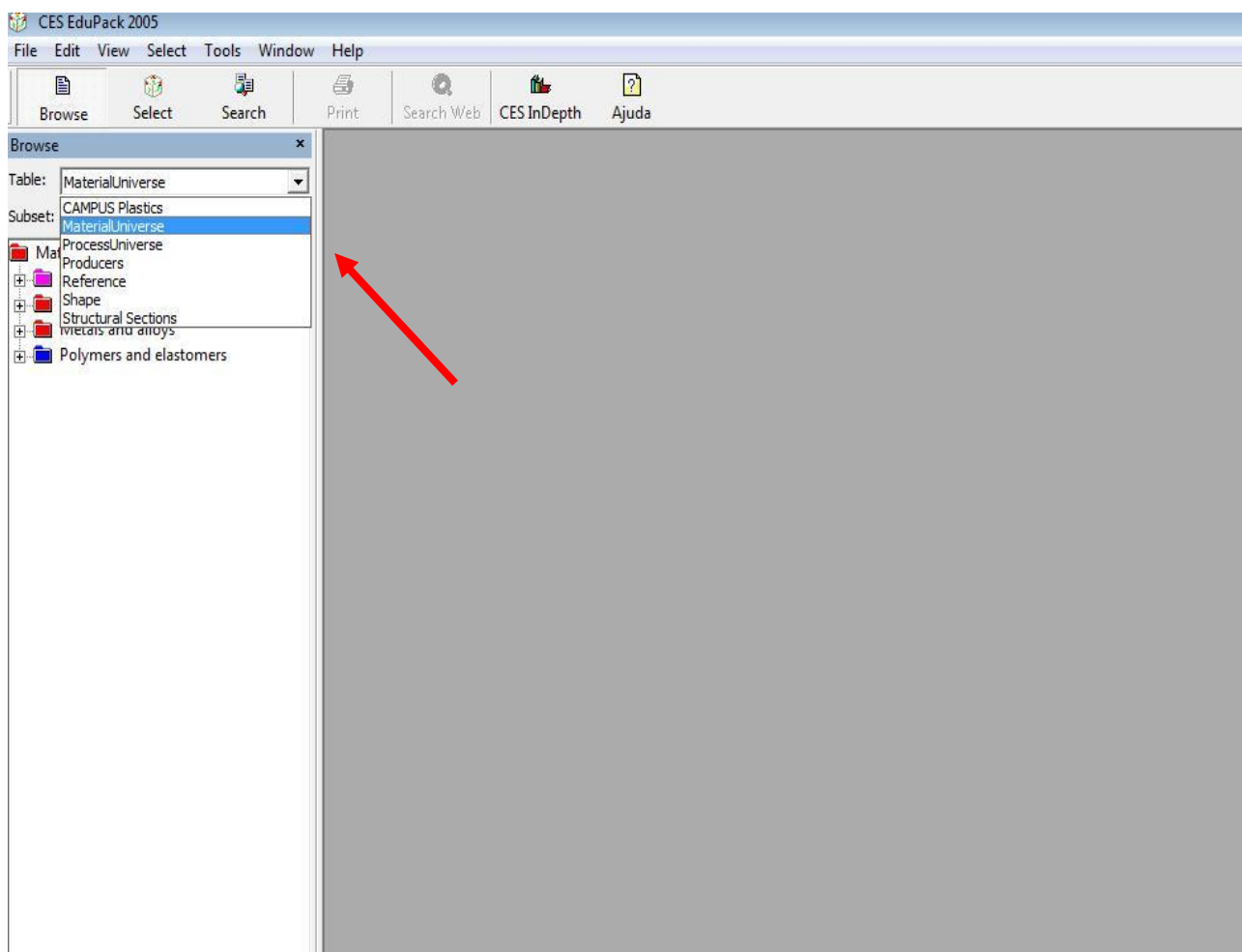


Figura 6.29-Explorando o Nível 3
Fonte: Software CES EduPack 2005

Na Figura 6.29, verifica-se que, no item *Browse*, a opção *Table* apresenta parâmetros que não existem nos Níveis 1e 2: *CAMPUS Plastics* (sistema destinado à indústria do plástico), *Shape* (forma) e *Structural Sections* (seções estruturais).

A opção *CAMPUS* (*Computer Aided Material Preselection by Uniform Standards*) *Plastics* é um sistema de informações de materiais para a indústria do plástico. São apresentadas as seguintes informações sobre os materiais da indústria do plástico:

- Empresa produtora
- Forma de entrega
- Processamento
- Características especiais
- Informações do produto

- Disponibilidade nos continentes
- Propriedades mecânicas, térmicas, elétricas e outras
- Propriedades geológicas
- Produção de corpos de prova
- Gráfico de viscosidade X taxa de cisalhamento
- Gráfico de taxa de tensão X taxa de cisalhamento
- Gráfico de módulo de cisalhamento dinâmico X temperatura
- Gráfico de tensão X deformação
- Informações sobre o produtor

Na opção Universo de materiais, além das categorias cerâmicas e vidros, híbridos, metais e ligas e polímeros e elastômeros, a árvore de materiais conta com uma nova categoria, das fibras e particulados. Em cada categoria existem mais opções de materiais do que nos níveis 1 e 2 discutidos anteriormente.

No nível 3, a descrição do material é bem detalhada, apresentando mais informações sobre as propriedades mecânicas, térmicas, durabilidade e a composição do material. Nesse nível, as fotos dos materiais e suas descrições básicas não são evidenciadas, como nos níveis 1 e 2.

Na opção Universo de processos, o processo é mais detalhado e com mais informações e propriedades, como atributos de acabamento, informações de suporte sobre o meio ambiente e links sobre forma e seções estruturais. A opção *Shape* (forma) apresenta exemplos, links e informações sobre o formato dos diversos materiais, e na opção *Structural Sections* (seções estruturais) são exploradas informações de seção estrutural dos materiais vinil ester de vidro, alumínio e aço, além de outras informações sobre esses materiais. As informações são listadas a seguir:

- Ângulo
- Canal
- Seção em I
- Retangular
- Seção em T
- Tubo
- Gerais, como preço, reciclagem, segurança, entre outros
- Dimensões: profundidade máxima, largura máxima, espessura interna e externa, etc.

- Seção
- Estrutura
- Notas
- Links

Explorando o item *Select* no nível 3, Figura 6.30, na opção Novo projeto de seleção, encontram-se mais categorias de materiais.

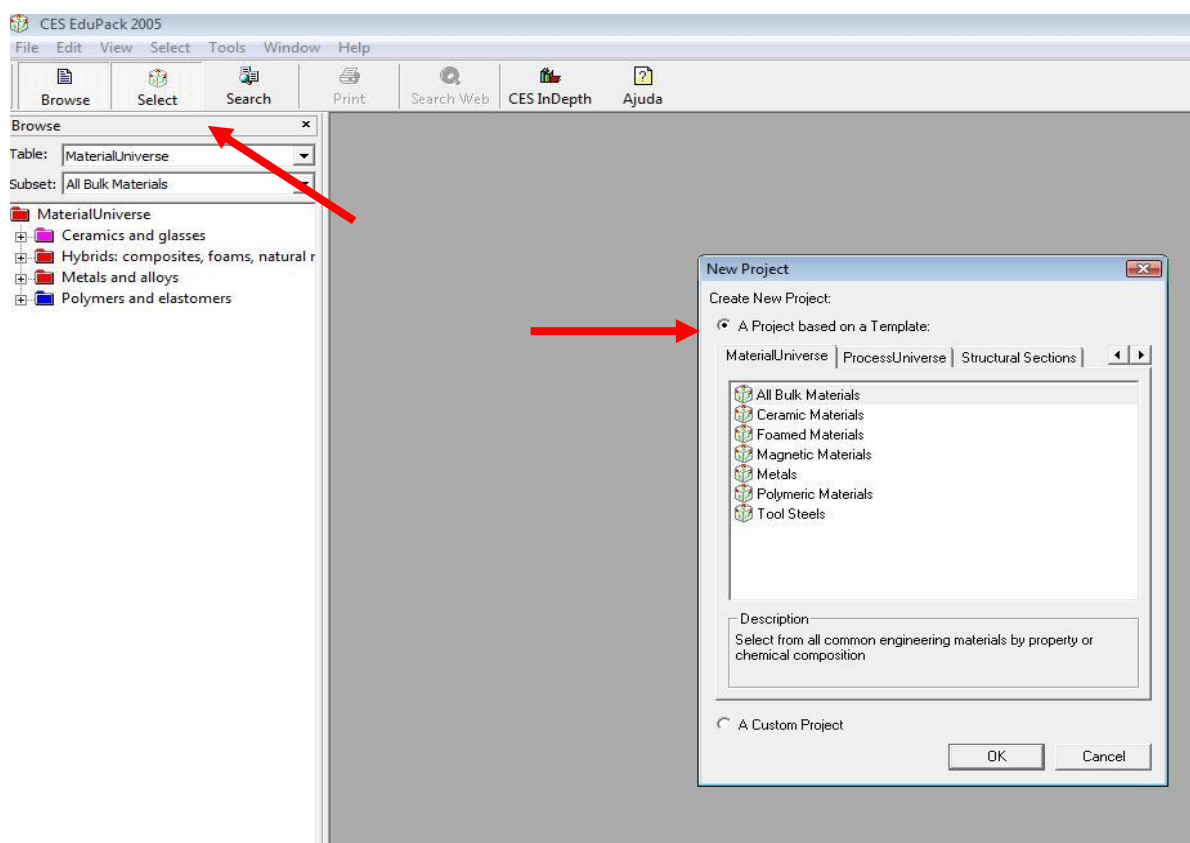


Figura 6.30-Explorando o menu *Select* no nível 3
Fonte: Software CES EduPack 2005

Para cada parâmetro estão listadas, a seguir, as quantidades disponíveis no menu *Select* do nível 3.

- CAMPUS
 - CAMPUS Plastics: espaço destinado aos materiais que fazem parte da categoria da indústria do plástico. São 6140 opções de materiais.

- Universo de materiais

- *All Bulk Materials*: 2882 materiais
- Materiais cerâmicos: 385 materiais
- Materiais espumados: 134 materiais
- Materiais magnéticos: 267 materiais
- Metais: 1801 materiais
- Materiais poliméricos: 534 materiais
- Aço ferramenta: 79 materiais

- Universo de processos

- Processos de acabamento: 12 processos
- Processos de junção: 53 processos
- Processos de conformação (*shaping*): 136 processos
- Tratamento superficial: 44 processos

- Seções estruturais

- Seções estruturais: 1881 opções

É importante salientar que os outros itens do menu não apresentam diferenças significativas dos níveis 1 e 2 na questão de funcionalidade.

A partir das discussões das características e especificidades dos três níveis do programa, verifica-se que o Nível 3 (Avançado) é muito mais rico em detalhes sobre as características dos materiais do que os outros níveis. Dessa forma, os Níveis 1 e 2 apresentam como resultados uma classificação mais geral dos materiais, enquanto o Nível 3 apresenta mais especificidades.

Como o estudo desenvolvido neste trabalho foi direcionado para os materiais metálicos, destaca-se na Tabela VI.1 um comparativo entre os níveis 1, 2 e 3 sobre a quantidade de materiais metálicos e ligas cadastrados no banco de dados do programa, sem considerar as fibras e particulados do nível 3.

Tabela VI.1-Comparativo entre os níveis para os materiais metálicos e ligas

	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Materiais metálicos	15	25	1651
Total de materiais	64	91	2882
% de materiais metálicos em relação ao total de materiais	23,44	27,47	57,29

A Tabela VI.1 destaca que existem cadastrados no banco de dados do programa 15 materiais metálicos no nível 1, 25 no Nível 2 e 1651 no Nível 3. No total de 64 materiais cadastrados no Nível 1, 23,44% representam o percentual de materiais metálicos, enquanto no Nível 2, do total de 91 materiais, 27,47% representam esses materiais. No Nível 3, o percentual de materiais metálicos é de 57,29% de um total de 2882 materiais. A quantidade de materiais cadastrados e as informações disponibilizadas mostram a grande contribuição deste *software* para o estudo dos materiais e de suas aplicações.

Ao analisar as opções e funcionalidade do *software*, foi percebido que ele não explora os aspectos logísticos, apenas apresenta duas opções que tratam do aspecto comercial: uma é a opção de plotar gráficos em função dos custos nos níveis e a outra é a listagem dos fornecedores e informações gerais, como endereço comercial e eletrônico. Diante do contexto, observa-se a contribuição do modelo proposto neste trabalho, que é inserir, além das informações técnicas dos materiais metálicos, os aspectos logísticos como critérios de seleção. Assim, essa inserção do aspecto logístico favorece, em função da exigência do mercado consumidor, um processo de seleção de materiais mais completo.

7. VALIDAÇÃO DO MODELO: PERSPECTIVA DAS EMPRESAS

Este capítulo apresenta as características gerais e os processos de seleção de materiais metálicos de empresas do setor minerometalúrgico, com o propósito de verificar como as essas empresas realizam o processo de seleção de materiais metálicos e se utilizam os aspectos logísticos como critério de seleção. A partir da análise, busca-se validar o modelo proposto.

A seguir são descritas as características gerais das empresas escolhidas (Empresas A, B, C e D) e os seus processos de seleção, incluindo-se o perfil dos entrevistados. É importante ressaltar que as entrevistas foram dirigidas aos especialistas dos departamentos de suprimentos/logística/compras das empresas colaboradoras com a pesquisa.

7.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS/PROCESSO DE SELEÇÃO DAS EMPRESAS

EMPRESA A

Faz parte de um grupo de organizações que atua de forma intensa nos setores de mineração e metalurgia. É uma empresa nacional que atua em mais de 20 países, em diversos setores econômicos, como cimento, mineração, metalurgia, papel e celulose, geração de energia.

A empresa tem sua atuação concentrada em dois segmentos principais, do níquel e do zinco, com produção voltada para o abastecimento do mercado nacional e internacional. A infraestrutura de exploração mineral e beneficiamento está localizada nos Estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais. Além disso, conta com uma refinaria e mineradora no Peru.

No setor de níquel desde o início da década de 80, a empresa é, atualmente, a maior fabricante brasileira, além de ser a única empresa na América Latina capaz de produzir níquel eletrolítico, insumo largamente utilizado na produção de aço inoxidável e outras ligas metálicas. Os principais produtos gerados são carbonato de níquel, níquel laterítico, níquel eletrolítico e cobalto.

Na entrevista, a empresa A destacou os principais materiais metálicos adquiridos no processo de compra: aço, ferro fundido, ferro gusa, magnésio metálico, silício metálico, prata, chumbo, cobre, mater alloys: manganês, cromo e ferro ligas (AlTiB, AlTi, AlFeSi e AlSr).

A Tabela VII.1 ilustra os cinco principais materiais metálicos adquiridos pela empresa A, com o número dos respectivos fornecedores, e destaca a quantidade de fornecedores que disponibilizaram catálogos.

Tabela VII.1- Principais materiais metálicos adquiridos pela empresa A/ n.º de fornecedores/n.º de fornecedores que disponibilizaram catálogos

	Material	N.º de Fornecedores	N.º de Fornecedores que disponibilizaram catálogos
A	Aço	10	5
B	Ferro Fundido	09	3
C	Ferro Gusa	01	0
D	Magnésio Metálico	05	1
E	Silício Metálico	05	2
	TOTAL	30	11

Observa-se na Tabela VII.1 que os cinco principais materiais adquiridos são: aço, ferro fundido, ferro gusa, magnésio metálico e silício metálico. Verifica-se também que o material A dispõe de 10 fornecedores, dos quais apenas 5 disponibilizaram catálogos quando o departamento realizou o contato no início do processo de seleção e compra. O mesmo raciocínio vale para os materiais B, C, D e E. Observa-se que de um total de 30 fornecedores apenas 11 disponibilizaram catálogos. Isso mostra a necessidade de um sistema que contemple o maior número de informações disponibilizadas pelos fornecedores em relação aos materiais, com o objetivo de facilitar o processo de seleção do material e da sua aquisição pela empresa. Dessa forma, o modelo elaborado neste estudo contempla de certa forma a solução do problema evidenciado na Tabela VII.1, pois cria integração maior do fornecedor com a empresa, por possuir um banco de dados que depende das informações deste.

A Tabela VII.2 destaca o uso dos cinco principais materiais metálicos adquiridos pela empresa A.

Tabela VII.2-Uso dos materiais metálicos pela Empresa A

USO DO MATERIAL	A	B	C	D	E
Para equipamento	X	X			
No processo produtivo	X	X	X	X	X
Para transporte	X				
Outros	X				

De acordo com a Tabela VII.2, o material metálico A é utilizado para equipamentos, no processo produtivo, para transporte e outros empregos. O material B é usado para equipamentos e no processo produtivo, enquanto que os materiais C, D e E são utilizados apenas no processo produtivo. A Tabela VII.2 é bastante útil como informação para a alimentação do banco de dados do modelo elaborado, pois classifica o material pela função ou uso que tem na empresa, facilitando o processo de seleção.

Na Tabela VII.3 são apresentadas algumas características dos materiais A, B, C, D e E da Empresa A.

Tabela VII.3- Características gerais dos materiais metálicos A, B, C, D e E da Empresa A

CARACTERÍSTICAS GERAIS										
	A		B		C		D		E	
	X	Especif.	X	Especif.	X	Especif.	X	Especif.	X	Especif.
Composição Química	X	SAE 1008	x	Fe 92,0% max	x	Fe 92,0% min	x	99,8% mín	x	98,5% mín
Comprimento	X	5.850 mm	-	-	-	-	-	-	-	-
Largura	X	ø 130 mm	-	-	-	-	-	-	-	-
Espessura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Volume	x	200 t/mês	-	-	-	-	x	100 t/mês	-	-
Vida Útil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Outras	-		x	Si 1,8 a 2,0% ; C 3,0 a 3,2%, Mn 0,6 a 0,8%; Cu 0,5 a 0,8%; Cr 0,45 a 0,7%; S 0,25% Max; P 0,25% max	x	Si 2,7 a 3,2% ; C 3,5 a 4,0%, Mn 0,5 a 0,65%; S 0,02% Max; P 0,1% max	x	Mn, Si, Cu, Fe 0,03% max. Cada	x	Fe 0,25% Max; Ca 0,03 max.;
PROPRIEDADES SOLICITADAS NA COMPRA										
	A		B		C		D		E	
	X	Especif.	X	Especif.	X	Especif.	X	Especif.	X	Especif.
Aspecto e Textura	-	-	-	-	x	Lingote trapezoidal	x	Lingote de 7 a 12 kg	x	Granulado com 90% entre 10 e 100 mm
Cor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brilho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densidade	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resistência a tração	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resistência a compressão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resistência a corrosão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resistência ao impacto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resistência ao desgaste	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Módulo de Elasticidade	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Deformação Plástica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureza	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Outros	x	Empenamento máximo de 2,0 mm/m	x	Conforme desenho	-	-	-	-	-	-

Verifica-se na Tabela VII.3 que a Empresa A forneceu dados dos materiais A, B, C, D e E, como composição química, comprimento e largura para o material A; volume para o material A e D, aspecto e textura para os materiais C, D e E e, no item Outros, especificações adicionais de composição química dos materiais B, C, D e E, empenamento máximo de 2,0 mm/m para o material A e especificações conforme o desenho para o material B. As demais informações não foram disponibilizadas.

O processo de seleção dos materiais metálicos e dos respectivos fornecedores passa por alguns procedimentos, listados e discutidos na Tabela VII.4.

Tabela VII.4-Procedimentos do processo de seleção de materiais adotados pela Empresa A

PROCEDIMENTOS DE SELEÇÃO	DESCRIÇÃO
Análise de especificação técnica	Confronto da especificação fornecida pelo fornecedor com o padrão estabelecido pela empresa.
Teste laboratorial	Determinação das características químicas e físicas de amostra enviada pelo fornecedor. Confronto com o certificado de qualidade do fornecedor, bem como com a nossa especificação. Caso haja divergência, é realizada em conjunto com o fornecedor nova análise do material.
Teste industrial	Recebimento de lote piloto; acompanhamento da eficiência/rendimento/performance; relatório final com o resultado do teste.
Normas ISO	Não é eliminatório, porém é desejável que o fornecedor tenha um sistema de qualidade implantado.
Avaliação Comercial	O futuro fornecedor deve atender aos requisitos básicos da empresa, para poder ser homologado e cadastrado no sistema. Como exemplo, é avaliada a situação financeira, fiscal, previdenciária, trabalhista, jurídica, responsabilidade social, ambiental, entre outros.
Avaliação Logística	Idem ao item anterior.

O processo de seleção de materiais adotados pela Empresa A, apresentados pela Tabela VII.4, segue os seguintes procedimentos: análise e especificação técnica, teste laboratorial, teste industrial, normas ISO, avaliação comercial e avaliação logística. As descrições de cada

procedimento estão detalhadas na Tabela VII.4. É importante observar que, para a avaliação logística, a Empresa A utiliza o mesmo critério da avaliação comercial. Isso justifica a preocupação do modelo proposto neste trabalho: estudar os aspectos logísticos e sua utilização, como critério de processo de seleção de materiais, por se tratar de informações relevantes para a escolha do fornecedor.

Na aplicação do instrumento de coleta de dados, foi solicitado da Empresa A que assinalasse os indicadores logísticos presentes no processo de seleção. Foram assinalados os seguintes indicadores: localização do fornecedor, preço do frete, prazo de entrega, tempo de ciclo do pedido, tipo de transporte e quantidade mínima para compra. Verifica-se que todos os indicadores assinalados pela Empresa A fazem parte do modelo proposto neste trabalho e não foram citados no procedimento de avaliação logística na Tabela VII.4. Para complementar as informações logísticas, a Empresa A utiliza os seguintes tipos de transporte: rodoviário, ferroviário e marítimo.

A Empresa A afirma que os fornecedores de materiais não apresentaram ainda catálogos com informações das características do material juntamente com suas informações logísticas, e que a empresa não possui um sistema de informação gerencial que selecione seus materiais metálicos com os respectivos fornecedores, a partir de aspectos logísticos. A Empresa A relata que usa o TCO (*Total Cost of Ownership* – Custo Total de Propriedade) de cada fornecedor na hora da tomada de decisão de determinada compra. Isso quer dizer que não existe um sistema único que apresente um banco de dados que favoreça o processo de seleção. A resposta da Empresa A direciona e reforça a necessidade de se obter um sistema mais completo que possibilite a integração das informações específicas dos materiais e dos fornecedores.

As informações coletadas foram disponibilizadas por dois gerentes de suprimentos do departamento de suprimentos de matérias-primas e insumos da Empresa A. Os perfis dos entrevistados são descritos a seguir.

Entrevistado 1: engenheiro mecânico. Possui 27 anos de atuação na Empresa A e exerce a função de gerente de suprimentos. Atividades desempenhadas na empresa: executar e garantir a confiabilidade de suprimentos, matérias-primas e insumos, com excelência, competitividade, inteligência de mercado e em linha com as estratégias definidas pelas operações de alumínio, zinco, níquel e corporativo; coordenar equipe para direcionamento estratégico da área; reduzir os custos de aquisição das *commodities* para alavancar o produto final em vista da

concorrência; negociar contratos de compra, bem como desenvolver fornecedores no mercado internacional.

Entrevistado 2: engenheiro industrial, engenheiro químico e administrador. Possui 19 anos de atuação na Empresa A. Exerce o cargo de gerente geral de suprimentos. Principais atividades desempenhadas: definir a estratégia de negociação das principais matérias-primas, insumos e itens de processos, orientando os subordinados diretos e indiretos, para redução dos custos de aquisição; gestão da equipe para atender à demanda de cada negócio, de acordo com o direcionamento estratégico; manter um benchmarking adequado de forma a garantir que os resultados alcançados estejam coerentes com as melhores práticas da concorrência e do mercado; desenvolver uma inteligência de mercado que permita visão adequada de cada commodity, fornecendo dados para a tomada de decisão; garantir que as metas individuais e de todos colaboradores da equipe sejam superadas, acompanhando o desenvolvimento destas, garantindo os desvios de estratégia e suporte à equipe.

EMPRESA B

É uma empresa brasileira de mineração, de capital fechado, produtora de pelotas de minério de ferro. Transforma minerais de baixo teor em um produto nobre, de alto valor agregado e comercializado para a indústria siderúrgica mundial. Apresenta clientes em mais de 15 países, em todos os continentes. Possui capacidade produtiva atual de 22,250 milhões de toneladas anuais e gera cerca de quatro mil empregos diretos e indiretos, sendo a segunda maior exportadora no mercado transoceânico de pelotas de minério de ferro no mundo.

Possui duas unidades industriais interligadas por dois minerodutos, com quase 400 quilômetros de extensão, que transportam a polpa de minério de ferro entre dois Estados, passando por 25 municípios. É pioneira nesse tipo de transporte e os minerodutos são considerados os maiores do mundo.

Por todos os resultados positivos dos últimos anos, a empresa traz divisas para o país e contribui favoravelmente para a balança comercial brasileira.

A Empresa B possui uma estrutura de governança corporativa moderna, constituída por Acionistas, Conselho de Administração, Comitês de Assessoramento, Diretoria Executiva,

Auditoria Interna e Auditoria Independente. Essa estrutura permite aos acionistas uma administração eficiente do negócio, acompanhamento adequado dos resultados gerados pela empresa, garantia de conformidade legal e estatutária e direcionamento dos valores, objetivos e estratégias da empresa. A governança da empresa busca garantir transparência à administração, equilíbrio entre informações recebidas pelos acionistas, responsabilidade corporativa e uma prestação de contas objetiva e completa.

Para atender às exigências dos clientes em escala global produz e comercializa um número considerável de diferentes tipos de pelotas. Essa flexibilidade engloba demandas específicas, conforme o tipo de tecnologia de redução adotada pelo cliente, alto-forno ou redução direta. O planejamento de vendas busca atender ao mercado em termos de 50% para cada segmento.

As pelotas de minério de ferro, dentre as matérias-primas utilizadas na fabricação do aço, são um insumo de qualidade bem determinada, que garante aos processos de redução direta e alto-forno elevada produtividade e estabilidade. É importante destacar que, no desenvolvimento de novos tipos de pelotas ou de aprimoramentos, são realizados testes antes de colocar novos produtos no mercado, para garantir melhor desempenho durante o processo siderúrgico dos clientes.

O processo produtivo da Empresa B é interfuncional, em que a sequência de tarefas inicia-se com a análise de mercado, passa por avaliações técnicas dos produtos e dos processos produtivos e análise financeira de viabilidade e chega à produção propriamente dita. Esse processo de desenvolvimento tem atividades, critérios e responsabilidades claramente definidos.

A Empresa B possui um processo de produção integrado, da mina ao porto, que garante alta eficiência produtiva e baixos custos operacionais. É uma operação segura, ambientalmente responsável e totalmente controlada.

O processo produtivo da Empresa B inicia-se no processo de mineração. A lavra, que é a extração de minério de ferro, acontece em mina a céu aberto. São reservas de 2,1 bilhões de toneladas de minério de ferro nas duas minas em operação. A produção de minério e a remoção de material estéril são realizadas com frota de equipamentos móveis de grande porte, aliada ao uso de sistema de correias transportadoras. Essa logística de produção resulta em baixos custos na atividade.

O beneficiamento é a área responsável pela adequação do minério para as próximas etapas do processo produtivo. Em duas plantas industriais, o minério proveniente da mina é britado, moído e separado das impurezas através do processo de flotação reversa, em que o contaminante é flotado, utilização de forma pioneira pela Empresa B. Após essa etapa o minério, transformado em polpa, está nas especificações químicas e físicas necessárias para os processos subsequentes.

A polpa de minério concentrado é transportada de uma unidade da empresa, localizada em Minas Gerais, até a outra unidade, no Espírito Santo, pelos minerodutos. Trata-se de um sistema implantado de forma também pioneira no país, para transporte de minério de ferro. São quase 400 km de extensão, o que o torna o maior do mundo para esse tipo de transporte.

Quando a polpa chega à unidade do Espírito Santo, começa a etapa da pelletização. Esse processo é a aglomeração para aproveitamento de minério concentrado ultrafino, transformando-o em pelotas de tamanhos tipicamente entre 8 e 16mm. Após tratamento térmico apropriado, essas pelotas adquirem características desejáveis aos processos de redução, no processo de alto-forno ou redução direta.

As pelotas produzidas são armazenadas em um pátio com capacidade de estocagem de até 1,8 milhão de toneladas, garantindo um giro de estoque elevado com autonomia de aproximadamente 30 dias de produção. Essas pelotas são embarcadas em navios, no porto, pertencente à empresa, que possui um sistema de carregamento com equipamentos que permitem taxas acima de 9 mil toneladas/hora. Além do embarque de minério, o porto realiza o recebimento e a descarga de todo o carvão mineral usado nas usinas. O processo de avaliação e melhorias da Empresa B é garantido por uma forte estrutura de embasamento tecnológico, gestão de custos e acompanhamento de indicadores internos.

Os principais materiais metálicos adquiridos pela Empresa B são: rolamentos, tubos, chapas, vigas, carcaça, rotor, voluta, tubulação e tela metálica de peneira. A Tabela VII.5 lista os cinco principais materiais adquiridos pela Empresa B, com a quantidade dos respectivos fornecedores, e especifica o número de fornecedores que disponibilizaram catálogos.

Tabela VII.5- Principais materiais metálicos adquiridos pela empresa B/ n.º de fornecedores/n.º de fornecedores que disponibilizaram catálogos

	Material	N.º de Fornecedores	N.º de Fornecedores que disponibilizaram catálogos
A	Rolamento	05	5
B	Tubos	10	8
C	Chapas	10	8
D	Tela metálica de peneira	03	3
E	Rotor britador	03	2
	TOTAL	31	26

Segundo a Tabela VII.5, os cinco principais materiais metálicos adquiridos pela Empresa B são: rolamento, tubos, chapas, tela metálica de peneira e rotor britador. A Tabela VII.5 ilustra para cada material o número de fornecedores e a quantidade dos que disponibilizaram catálogos, como é o caso do material A, que possui 5 fornecedores dos quais todos disponibilizaram catálogos quando realizaram contato com a empresa. A Tabela 7.5 mostra que, de um total de 31 fornecedores, 26 disponibilizaram catálogos com as informações dos materiais a serem adquiridos. Os números evidenciam que a Empresa B reúne o maior número possível de informações fornecedores sobre os materiais. De acordo com o instrumento de coleta de dados, a Empresa B destaca que utiliza todos os cinco materiais metálicos para a utilização em equipamentos e detalha, na Tabela VII.6, algumas características gerais desses materiais.

Tabela VII.6- Características gerais dos materiais metálicos A, B, C, D e E da Empresa B

CARACTERÍSTICAS GERAIS										
	A		B		C		D		E	
	X	Especif.	X	Especif.	X	Especif.	X	Especif.	X	Especif.
Composição Química	-	-	-	-	-	-	X	SAE 1065	x	ASTM A-36
Comprimento – diâmetro	-	-	-	-	-	-	X	1170 mm	x	Diâmetro 900 mm
Largura	-	-	-	-	-	-	X	950 mm	x	Diâmetro 900 mm
Espessura	-	-	-	-	-	-	X	-	x	278 mm
Peso	-	-	-	-	-	-	X	17 kg	x	315 kg
Volume	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
Vida Útil	-	-	-	-	-	-	X	28 dias	x	3 meses
Outras	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
PROPRIEDADES SOLICITADAS NA COMPRA										
	A		B		C		D		E	
	X	Especif.	X	Especif.	X	Especif.	X	Especif.	X	Especif.
Aspecto e Textura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cor	-	-	-	-	-	-	X	Pintura prime cinza	x	Laranja munsell
Brilho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Densidade	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resistência a tração	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resistência a compressão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resistência a corrosão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resistência ao impacto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resistência ao desgaste	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Módulo de Elasticidade	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Deformação Plástica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureza	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Outros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

A Tabela VII.6 apresenta apenas algumas características dos materiais D e E em relação a composição química, comprimento – diâmetro, largura, espessura, peso, volume, vida útil e cor. A Empresa B não estava apta a fornecer as demais informações sobre os materiais, pois são informações exclusivas do fornecedor.

Observam-se, na Tabela VII.7, os procedimentos de seleção de materiais utilizados pela Empresa B e a explicação do não uso de alguns procedimentos.

Tabela VII.7- Procedimentos do processo de seleção de materiais adotados pela Empresa B

PROCEDIMENTOS DE SELEÇÃO	UTILIZA		DESCRIÇÃO/JUSTIFICATIVA
	SIM	NÃO	
Análise de especificação técnica	X		Todas as compras de materiais metálicos são feitas com base na especificação técnica pertencente ao código do item referência Empresa B, de acordo com as referências de mercado (catálogo de fornecedores).
Teste laboratorial		X	Testes laboratoriais são exigidos apenas em caráter de amostragem de itens críticos, principalmente em situações de falhas prematuras ou redução de desempenho do material.
Teste industrial		X	-
Normas ISSO		X	-
Avaliação Comercial	X		Para cada item metálico há um número de fornecedores homologados habilitados a fornecer o item, portanto a definição é feita a partir da avaliação comercial (preço e prazo de entrega).
Avaliação Logística		X	A avaliação logística não é referência para seleção visto que atualmente trabalha com contrato com empresa de transporte que tem pontos de recolhimento em toda a extensão nacional. Desde que haja o atendimento no prazo necessário, o fator logístico não é predominante.

De acordo com a Tabela VII.7, a Empresa B adota no processo de seleção os procedimentos de análise de especificação técnica e avaliação comercial. A descrição de como é feito o procedimento está na Tabela VII.7, como é o caso de todas as compras de materiais metálicos serem feitas com base na especificação técnica pertencente ao código do item Referência Empresa B, de acordo com as referências de mercado (catálogo de fornecedores). O procedimento teste laboratorial é exigido apenas em caráter de amostragem de itens críticos, principalmente em situações de falhas prematuras ou redução de desempenho do material. Os procedimentos teste industrial, normas ISO e avaliação logística não são utilizados no processo de seleção dos materiais adotados pela Empresa B. Em se tratando da avaliação logística, a Empresa B explica que essa avaliação não é referência para seleção, visto que, atualmente, trabalha com contrato com empresa de transporte que tem pontos de recolhimento em toda a extensão nacional. Desde que haja o atendimento no prazo necessário, o fator

logístico não é predominante. Os principais tipos de transporte utilizados pela Empresa B são o rodoviário, o ferroviário e o dutoviário. De acordo com a informação disponibilizada pela Empresa B, verifica-se que os aspectos logísticos são de responsabilidade da transportadora contratada, os quais não são analisados no processo de seleção. Isso quer dizer que o modelo proposto neste trabalho auxiliaria a empresa na maior integração com os fornecedores, possibilitaria avaliar os custos logísticos repassados para a transportadora e exigiria mais informações por parte dos fornecedores. Dessa forma, a Empresa B possuiria um banco de dados mais eficiente para o processo de seleção de materiais, proporcionando maior visão para a tomada de decisões.

Sendo solicitado à Empresa B assinalar os indicadores logísticos considerados no processo de seleção, não foram assinalados no instrumento de coleta de dados, pois são informações de responsabilidade da transportadora contratada, e não da empresa.

A Empresa B destaca na entrevista que nenhum fornecedor, até o momento, disponibilizou catálogos com informações do material juntamente com informações logísticas e que não possui um sistema de informação gerencial que realize o processo de seleção dos materiais metálicos e dos respectivos fornecedores segundo aspectos logísticos. Foi perguntado para a Empresa B sobre a contribuição de um sistema de seleção de materiais que possibilita a seleção do material e do respectivo fornecedor pela interface entre informações específicas do material e informações logísticas. Ela confirmou que o sistema proposto será de grande utilidade nas diversas áreas de atuação, pois possibilita uma visão de cenários de fornecimento que dão suporte para os usuários trabalharem fortemente na redução de custos com transporte e frete, além de reduzir o *lead time* e o risco no fornecimento de materiais e produtos estratégicos para o processo produtivo da empresa.

Os dados da Empresa B foram disponibilizados por três entrevistados, dos departamentos gerência de materiais /suprimentos/engenharia de manutenção e materiais. Os perfis dos entrevistados são descritos a seguir.

Entrevistado 1: Possui um tempo de atuação de 3 anos. Ocupa o cargo de engenheiro de materiais no Departamento de Engenharia da Manutenção. Engenheiro industrial mecânico, concluiu graduação na Universidade Federal de São João del-Rei no 1.º semestre de 2008. Atuou no planejamento e controle de produção de uma pequena empresa de caldeira e fundição em Itaúna/MG (Grupo IMEF- Indústria Metalúrgica Freitas) em 2007 e 2008. Em

agosto de 2008 ingressou na Empresa B, onde atua na Engenharia de Manutenção, especificamente na Engenharia dos Materiais, trabalhando no desenvolvimento de materiais de manutenção e operação e melhoria contínua de processos de extração e beneficiamento de minério de ferro. Recebeu o Certificado Green Belt na utilização da metodologia de melhoria contínua Lean Six Sigma.

Entrevistado 2: Atua na Empresa B há 3 anos e meio. Ocupa o cargo de engenheiro de manutenção/materiais no Departamento de Engenharia de Manutenção. É graduado em Engenharia Mecânica. Na Empresa B atua nas seguintes atividades: coordenação de estudo de viabilidade técnico-econômica de projetos de capital; elaboração de projetos de melhoria contínua para redução de custos fixos operacionais; desenvolvimento de materiais e equipamentos de processamento de minério de ferro; coordenação de projetos de redução de riscos operacionais e de segurança laboral. Em uma empresa do setor de óleo e gás realizou as seguintes atividades: coordenação de projetos de qualificação técnica de empresa para fornecimento à Petrobras; captação de recursos financeiros no FINEP/Ministério da Ciência e Tecnologia para fomento de projetos de equipamentos; coordenação de projetos de compressores para o mercado de GNC (Gás Natural Comprimido); projetos e implantação de estações de compressão de gás natural para transporte rodoviário de GNC.

Entrevistado 3: Trabalha na Empresa B há 4 anos, no Departamento de Gerência de Materiais – Suprimentos e exerce o cargo de analista de materiais, desde 2007. Formado em Engenharia Mecânica pela PUC/MG em 2006 e pós-graduado em Gestão de Projetos pelo IBMEC, em 2010, é responsável por definir e garantir o adequado balanceamento dos parâmetros de estoque e logística de materiais auxiliares com base na metodologia MPDGE (Metodologia Prática para Dimensionamento e Gestão de Estoques), considerando impacto no processo, frequência de uso, *lead time* de fornecimento e preço dos itens através do módulo MM (R3) do SAP. Anteriormente trabalhou durante 10 anos como coordenador técnico na fabricação de equipamentos mecânicos em geral. Recebeu Certificado em julho de 2009 como Gold Medal no curso de Supply Chain Academy, oferecido pela empresa Bhp Billiton.

EMPRESA C

É líder mundial na produção de minério de ferro e pelotas e a segunda maior produtora de níquel. É uma empresa global, com sede no Brasil e mais de 115 mil pessoas, entre empregados próprios e terceiros, trabalhando nos cinco continentes. Opera em 13 Estados no Brasil e nos cinco continentes e possui mais de nove mil quilômetros de malha ferroviária e dez terminais portuários próprios. É a maior empresa no mercado de minério de ferro e pelotas e a segunda maior produtora integrada de manganês e ferroligas, além de operar serviços de logística, atividade em que é a maior do Brasil.

No Brasil, os minérios são explorados pela empresa por três sistemas totalmente integrados, que são compostos por mina, ferrovia, usina de pelotização e terminal marítimo.

Atuando por meio de escritórios, operações, explorações e joint ventures, é a segunda maior mineradora diversificada do mundo e a maior das Américas em valor de mercado.

A mineração é umas das principais linhas de negócio da Empresa C. Para sustentar sua estratégia de crescimento, participa ativamente da exploração mineral em 21 países.

Hoje, a atuação da Empresa C, segundo dados do primeiro trimestre de 2010, referentes à receita operacional por produto, está dividida de seguinte forma:

- Minério de ferro e pelotas: 59,2%
- Níquel: 13,6%
- Carvão: 2,1%
- Alumínio: 8,6%
- Manganês e ferro ligas: 2,2%
- Cobre: 4,7%
- Outros: 1,2%

No Brasil, ao longo dos anos, a empresa tem realizado pesados investimentos para ampliar a capacidade de atender às demandas, contribuindo para o crescimento do país e das

exportações brasileiras. Possui uma infraestrutura privilegiada, que permite a conexão das principais regiões produtoras aos portos, viabilizando o escoamento de cargas.

Os investimentos, segundo a Empresa C, são realizados de forma consciente e responsável. Tem foco no aumento da produtividade das ferrovias e portos e na garantia da eficiência e segurança das operações e das comunidades que vivem na área de influência.

A infraestrutura logística da Empresa C, no Brasil, conta com 10.179 quilômetros de ferrovias. São quatro estradas de ferro: Ferrovia Centro-Atlântica (FCA), Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM), Estrada de Ferro Carajás (EFC) e Ferrovia Norte Sul (FNS).

A empresa também conta com nove terminais portuários, sendo: um rodoferroviário, cinco portos de carga geral e três terminais para embarque de minério de ferro. Assim, a Empresa C utiliza estes tipos de transporte: ferroviário, rodoviário e marítimo.

Os principais materiais comprados pela Empresa C são: Aço ASTM-A36, SAE 1020, SAC 350 SAC, ASTM A 283, SAE 1345, USE AR 400, SAE 1045, Bronze 660, SAE 4140, SAE 4340, SAE 8620, ASTM A570-572, trilhos e DIN 2448. Os cinco principais materiais metálicos estão listados na Tabela VII.8, com o número dos respectivos fornecedores e daqueles que disponibilizaram catálogos.

Tabela VII.8- Principais materiais metálicos adquiridos pela empresa C/ n.º de fornecedores/n.º de fornecedores que disponibilizaram catálogos

	Material	N.º de Fornecedores	N.º de Fornecedores que disponibilizaram catálogos
A	ASTM A36	10	10
B	ASTM A570 572	10	10
C	Trilhos	10	10
D	1020	10	10
E	DIN 2448	10	10
	TOTAL	50	50

Como se observado na Tabela VII.8, cada um dos materiais metálicos A, B, C, D e E possui 10 fornecedores. Num total de 50 fornecedores, todos disponibilizaram catálogos. Mostra-se, a partir desse resultado, que a Empresa C exige do fornecedor a divulgação do maior número possível de informações sobre os materiais a serem adquiridos. Devido à quantidade de fornecedores que a Empresa C possui, o modelo proposto neste estudo facilitaria obter o maior número possível de informações sobre os materiais e fornecedores, compiladas e integradas em um único sistema, facilitando o processo de seleção. A Empresa C destaca que os materiais A, B, C, D e E são utilizados de forma geral no processo produtivo, para equipamentos e transporte. Em relação às características gerais dos materiais, a Empresa C não disponibilizou os dados, pois são informações dos fornecedores, mas confirma que utiliza como parâmetro de seleção os seguintes dados: composição química, comprimento, largura, espessura, peso e volume. A Empresa C diz que as características dos materiais devem atender às especificações técnicas/aplicação e a solicitação de compra já informa qual o tipo de aço tem que ser comprado, atendendo sua aplicação a todos os requisitos solicitados no instrumento de coleta de dados. O processo de seleção dos materiais metálicos e dos respectivos fornecedores da Empresa C passa por alguns procedimentos, listados e discutidos na Tabela VII.9.

Tabela VII.9-Procedimentos do processo de seleção de materiais adotados pela Empresa C

PROCEDIMENTOS DE SELEÇÃO	DESCRIÇÃO
Análise de especificação técnica	A proposta técnica tem que estar em consonância com as especificações técnicas enviadas durante a fase de coleta.
Teste laboratorial	É feito pelo fornecedor e comprovado pelo envio dos laudos quando solicitados.
Teste industrial	Os testes são feitos durante a fabricação. Existem procedimento específicos, chamados PIT padrão, procedimento de inspeção e testes que são feitos durante e no final da fabricação, acompanhado e validado por equipe de inspetores.
Normas ISO	Utiliza, mas não especificou.
Avaliação Comercial	Comparativo entre propostas após equalização comercial.
Avaliação Logística	Análise do menor custo.

A Tabela VII.9 demonstra que a Empresa C utiliza todos os procedimentos de seleção, da análise de especificação técnica à avaliação logística. No entanto, pela entrevista, observa-se que a avaliação logística é baseada apenas no aspecto custoe 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. Sendo assim, a Empresa C direciona a responsabilidade dos aspectos logísticos para o fornecedor e inclui o custo logístico no preço de compra do material. Um dos pontos que justificam essa decisão é a quantidade de fornecedores que a Empresa C possui, tornando-se difícil gerenciar essa etapa do processo, por necessitar de um número significativo de informações dos fornecedores, além de aumentar sua interação com a empresa. Mais uma vez, essa realidade vem certificar a necessidade de um sistema que integre as informações do material juntamente com as informações da logística, que é proposta desta pesquisa. De acordo com a Empresa C, nenhum fornecedor, até o momento, disponibilizou catálogo que contenha informações do material e informações de aspectos logísticos e diz que não dispõe de um sistema gerencial que realize esse tipo de seleção e análise, Aceita que seria uma importante contribuição para o proceso gerencial da empresa ter um sistema que possibilitasse unir as informações do material e dos respectivos fornecedores. Segue o perfil do entrevistado da Empresa C.

Entrevistado 1: Atua no Departamento de Suprimentos, ocupando o cargo de gerente de suprimentos há 7 anos. As atividades desenvolvidas por ele são as seguintes: gerência de suprimentos para implantação de projetos (*Brownfield/Greenfield*); *strategic sourcing*; desenvolvimento profissional nas áreas de logística, suprimentos, manufatura em indústrias de mineração, siderúrgicas e de autopeças de grande porte; gerenciamento de logística envolvendo PCP; programação e previsão com fornecedores; almoxarifado; vendas *After Market*; gestão de materiais; vendas mercado de reposição; atuação efetiva em melhorias na programação de produção; otimização de compras; redução de níveis de inventário, sendo responsável por implantação/implementação de ferramentas para *Lean Manufacture*; inventários cíclicos e para fechamento contábil anual; avaliação de carga máquina / necessidade de pessoal e investimentos para produção, conforme demanda do cliente; vivência na elaboração de relatórios gerenciais, previsões de vendas, *business plan*, *forecast* de vendas; acompanhamento de produção, fluxo, processo, apontamentos, com trabalhos de melhorias para otimização, redução de custos e ganhos produtivos, nacionalização de ferramental e insumos, formação de custos e preços; atuação na implantação de sistemas de programação *Kanban* e *Just-in-Time* em diversas unidades industriais no Brasil e exterior;

coordenação / gerenciamento /liderança de pessoal em várias áreas/células; avaliação e qualificação de fornecedores (capacitação técnica/fábrica, parque industrial e sistema de qualidade; administração de contratos de fornecedores (fabricação, serviços e insumos/matéria-prima); desenvolvimento de novos projetos e formação de custos; viagens à Argentina, ao Uruguai e ao Chile para visitas a unidades industriais e implantação de sistema logístico.

EMPRESA D

É uma multinacional canadense. A organização atua na exploração de minério de ouro desde 2007. No Brasil, sua infraestrutura é composta por reservas minerais, minas subterrâneas e de superfície e plantas metalúrgicas, nos Estados de Minas Gerais, Maranhão e Ceará.

As operações da empresa estão concentradas em complexos mineradores e projetos. No interior dos complexos de mineração observa-se o ciclo completo de extração e tratamento do minério, a partir do qual se obtém o único produto da empresa, ouro metálico, com produção anual na faixa de 160.000 onças-troy, destinada a abastecer o mercado mundial.

Conforme foi dito, a Empresa D atua no setor de mineração, com extração e beneficiamento de ouro. A Figura 7.1 descreve resumidamente o processo produtivo, da extração nas minas do complexo ao tratamento físico e químico nas plantas metalúrgicas.

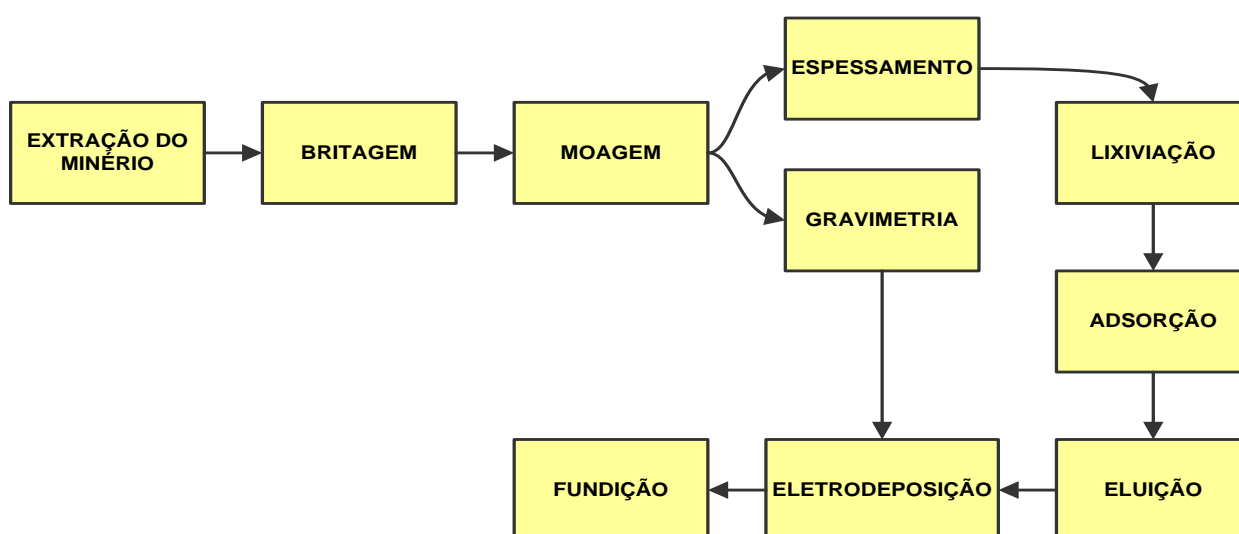


Figura 7.1 - Fluxograma do processo produtivo da Empresa D

Pela Figura 7.1, observa-se que o minério retirado das minas fica armazenado em um pátio, sob forma de pilhas, até que seja lançado à moega e ao britador primário. Dentro da operação de britagem, o material é submetido à redução de granulometria, através de um britador de mandíbulas (primário) e dois britadores cônicos (secundário e terciário), para estar sob condições de trabalho nos moinhos. A operação de moagem realiza uma nova redução granulométrica, pulverizando o material que se encontra sob forma de finos, inferior a 0,0331 polegadas (20mesh).

Esse material fino é enviado à Gravimetria, onde o concentrador Knelson realiza a separação da massa de ouro do restante da polpa por meio de aplicação de grandes forças centrífugas. Essa massa carregada de ouro é submetida a tratamento químico, sendo então denominada de “solução rica”. Nessa solução, ocorrem processos intensos de oxidação do Au (ouro metálico), por meio da aplicação de solução de alta concentração de cianeto e *LeachAid*, um produto tipicamente utilizado no processo de beneficiamento desse metal.

Essa solução cianetada com massa significativa de ouro é armazenada em um tanque, que está diretamente ligado à operação de eletrodeposição, onde se localizam câmaras para separação magnética das partes de ouro da solução. Nesse momento, o ouro se desprende da solução e adere a uma lâ de aço convencional. Nesse ponto do processo, a lâ de aço com massa de ouro encrustada recebe o nome de *bullion*, que é remetido à fundição para separação do ouro metálico.

O material que sai dos moinhos e que não apresenta granulometria adequada para ser enviado à Gravimetria segue à operação de espessamento, onde a polpa é concentrada de forma mais lenta e menos eficiente do que nos concentradores centrífugos, e depois segue às etapas de tratamento químico, sendo submetida à ação do cianeto na Lixiviação e extraído o ouro da polpa na Adsorção por meio de processos de ativação de carvão.

O carvão ativado passa por novo tratamento químico na operação de Eluição, dando origem a outra solução rica, que passa pela Eletrodeposição da mesma forma que a solução rica da Gravimetria.

Finalizado o processo produtivo da Empresa D, Figura 7.1, orienta-se a pesquisa para o conhecimento dos materiais adquiridos pela Empresa D e para o processo de seleção de materiais metálicos.

A Empresa D destaca os cinco principais materiais metálicos adquiridos pela empresa: bolas de aço para moinhos, hastes de perfuração, cavilhas *split-set* de vários tamanhos, bits de perfuração de vários diâmetros e vigas metálicas para estrutura. Os números de fornecedores para cada material estão especificados na Tabela VII.10.

Tabela VII.10 - Principais materiais metálicos adquiridos pela Empresa D/ n.º de fornecedores/n.º de fornecedores que disponibilizaram catálogos

Material		N.º de Fornecedores	N.º de Fornecedores que disponibilizaram catálogos
A	Bolas de aço para moinhos	05	05
B	Hastes de perfuração	03	03
C	Cavilhas <i>split-set</i> de vários tamanhos	03	03
D	Bits de perfuração de vários diâmetros	03	03
E	Vigas metálicas para estrutura	03	03
TOTAL		17	17

De acordo com a Tabela VII.10, de um total de 17 fornecedores todos disponibilizam catálogos por exigência da empresa D no processo de seleção de materiais. Os catálogos apresentam as informações técnicas em relação aos materiais a serem adquiridos. A Empresa D relata que os materiais A, B, C e D são utilizados no processo produtivo, enquanto o material E é utilizado em processos de montagem.

Em relação aos procedimentos do processo de seleção de materiais metálicos, a Empresa D realiza basicamente dois procedimentos: análise de especificação técnica e avaliação comercial. A análise de especificação técnica é realizada através do envio de amostras para teste em campo, de demonstrações de produtos, *know-how* e imagem das empresas dentro de seus mercados, enquanto na avaliação comercial são verificados os itens prazos de entrega, logística e preço. Observa-se que a Empresa D, na avaliação comercial, inseriu a avaliação logística, mas, de fato, mostra na entrevista que utiliza apenas o preço como critério para a tomada de decisão, um indicador mais comercial do que logístico. A Empresa D utiliza

basicamente, os seguintes tipos de transporte: rodoviário e ferroviário. De acordo com o contexto, observa-se a necessidade de propor um sistema que facilite à Empresa D selecionar materiais e respectivos fornecedores com um suporte maior de informações que possibilite conhecer melhor todos os aspectos que intervêm no processo de seleção, adequando-os à realidade da empresa.

A Empresa D afirma que nenhum fornecedor, até o momento, disponibilizou catálogo com informações do material juntamente com informações logísticas, e que não possui um sistema de informação que auxilie nesse tipo de decisão gerencial, mas tem interesse em utilizá-lo. Considera que o sistema proposto neste estudo aceleraria e desburocratizaria os procedimentos de compra e facilitaria a aprovação de fornecedores, pois otimizaria o tempo de avaliação e qualificação dos fornecedores e, conseqüentemente, a tomada de decisão se tornaria mais ágil.

O entrevistado da Empresa D é engenheiro industrial, ocupa o cargo de gerente de suprimentos e atua na empresa há 7 anos no Departamento de Logística. Não julgou necessário relatar mais informações sobre sua carreira profissional.

Finalizada a discussão dos dados disponibilizados pelos especialistas das Empresas A, B, C e D, observa-se que existem posturas distintas quanto aos processos de seleção de materiais adotados e aos conceitos de interface das áreas de seleção de materiais e de logística. Nota-se, também que, apesar de fazerem parte do setor minerometalúrgico, possuem campos de atuação distintos. Tal fato é interessante a este trabalho, por possibilitar um tratamento mais amplo dos objetivos propostos. A Tabela VII.11 ilustra o resumo dos principais resultados obtidos, responsáveis pela solução da problemática elaborada no início da pesquisa.

Tabela VII.11– Resumo dos principais resultados obtidos na pesquisa

ETAPAS DA PESQUISA	RESULTADOS	
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	Modelo de Ashby	<ul style="list-style-type: none"> • Seleção por Análise • Seleção por Similaridade • Seleção por Síntese • Seleção por Inspiração
	Modelo de Callister	<ul style="list-style-type: none"> • Projeto do componente • Análise dos materiais • Processamento .
	Modelo de Dieter	<ul style="list-style-type: none"> • Análise dos requerimentos para materiais • Eliminação de materiais e processos candidatos • Seleção de materiais candidatos
Metodologia	Fluxograma	Procedimentos adotados na pesquisa
Elaboração do Modelo	Modelo Teórico Modelo computacional	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboração do modelo em forma de fluxograma • Configuração do modelo teórico em modelo computacional (estrutura conceitual do modelo)
<i>Software</i> educacional CES EduPack 2005	Discussão do funcionamento do <i>Software</i> educacional CES EduPack 2005	<ul style="list-style-type: none"> • Confirmou-se que o <i>software</i> não inclui os aspectos logísticos no processo de seleção.
Validação do modelo	Perspectiva das empresas do setor minerometúrgico sobre o modelo.	<ul style="list-style-type: none"> • Visão do processo de seleção das empresas do setor minerometalúrgico • Validação do modelo a partir da perspectiva das empresas

Observa-se, pela Tabela VII.11, que na revisão bibliográfica foi possível reunir os modelos de Ashby, Callister e Dieter com o propósito de conhecer os processos de seleção de materiais utilizados por esses teóricos, destacando suas etapas, e, ao mesmo tempo, utilizá-los como base para a construção do modelo proposto nesta pesquisa. Verifica-se também pela Tabela VII.11, que foi possível, a partir de um fluxograma, demonstrar as etapas da metodologia aplicada ao trabalho. Outro importante resultado foi a elaboração do modelo teórico em forma de fluxograma e sua tradução em modelo conceitual com um sistema computacional de banco de dados. Foi possível a discussão e o detalhamento do *Software* educacional CES EduPack 2005 e a confirmação que ele não inclui os aspectos logísticos no processo de seleção. Para validar o modelo proposto, foi analisado o processo de seleção de materiais de empresas do setor minerometalúrgico e concluiu-se, com a visão das empresas, que o modelo proposto é necessário para o processo de seleção de materiais metálicos e é uma importante ferramenta de tomada de decisão gerencial para as empresas do setor estudado.

Diante das informações discutidas neste capítulo, percebe-se a relevância da elaboração de um modelo de seleção que contemple tanto das informações técnicas do material quanto das informações logísticas, as quais justificam a realização deste estudo.

É necessário destacar que o modelo computacional, o detalhamento do programa CES EduPack 2005 e a realidade dos processos de seleção utilizados pelas empresas pesquisadas foram etapas determinantes para demonstrar a importância e relevância do modelo teórico proposto neste estudo, tanto para o setor minerometalúrgico quanto para outros setores da economia. Dessa forma, tem-se por meio deste modelo uma contribuição para a área de Seleção de Materiais.

Concluída a análise dos dados, o capítulo oitavo apresenta as conclusões oriundas da elaboração desta tese, que teve a finalidade de atender aos objetivos propostos e responder à problemática contextualizada na introdução do estudo.

8. CONCLUSÕES

No decorrer do estudo, procurou-se orientar a pesquisa de forma a atender ao objetivo geral, no desenvolvimento de um modelo de seleção de materiais metálicos, inserindo a logística como critério de seleção.

Diante das dificuldades em estruturar a relação entre as áreas e promover uma metodologia que possibilitasse o atendimento aos objetivos propostos, fundamentou-se o estudo em três segmentos principais: a base teórica, indispensável para a formulação do questionário aplicado a empresas do setor minerometalúrgico; a metodologia, formulada de maneira a facilitar a obtenção das informações necessárias para a organização do estudo e elaboração do modelo proposto; resultados e discussões, onde foram organizadas e relacionadas as informações obtidas por meio dos procedimentos metodológicos, de maneira a elaborar o modelo teórico e sua tradução em modelo computacional. Nesta etapa foi detalhado o funcionamento do *software* CES EduPack 2005, criado por Michael Ashby e sua equipe na Universidade de Cambridge/Inglaterra, com o objetivo de demonstrar que os aspectos logísticos não estão incorporados a este sistema computacional. Na mesma etapa, foram discutidas as informações do processo de seleção de materiais de empresas do setor minerometalúrgico e verificou-se, por meio das informações de especialistas, que nenhum fornecedor disponibilizou catálogos que possuam informações do material juntamente com informações logísticas para auxiliar o processo de seleção e que as empresas pesquisadas não possuem um sistema que integre essas informações.

O estudo preliminar, que possibilitou a fundamentação teórica, e o estudo de caso, com entrevista e aplicação de questionário nas empresas participantes, permitiram saber como o papel da logística vem mudando nos últimos anos, tornando-se hoje imprescindível, como forma de diferenciação nas empresas.

Observou-se, neste estudo, a necessidade de as empresas reforçarem estratégias e procedimentos de seleção de materiais para projetar e confeccionar seus produtos, no sentido de adotar processos mais estruturados, do ponto de vista científico, para minimizar a subjetividade intrínseca do processo de tomada de decisão. Desse modo, o modelo proposto

neste trabalho pode contribuir para a consecução dessa finalidade, ou seja, aumentar o grau de assertividade no processo de seleção de determinado material metálico.

O questionário aplicado possibilitou constatar que até empresas de grande porte ainda utilizam ferramentas muito incipientes para a tomada de decisão gerencial, sendo o critério mais comumente avaliado o preço unitário do produto, um aspecto mais comercial do que logístico.

Outra informação interessante, levantada durante o estudo, é a confirmação da demanda por ferramentas computacionais que atuem no sentido de complementar o fator humano nas tarefas de seleção de materiais e escolha de fornecedores. Foram reconhecidas pelos especialistas das empresas a necessidade de utilizar ferramentas computacionais e a logística, de forma a tornar mais rápido e menos burocrático tais processos internos nas empresas, facilitando até a tomada de decisões quanto à aquisição e aprovação de empresas parceiras.

Ao detalhar o funcionamento do *software* CES EduPack 2005, observou-se a necessidade de unir o modelo proposto neste trabalho ao modelo desenvolvido por Michael Ashby e sua equipe. Foram percebidas duas soluções para a união dos dois modelos. A primeira seria utilizar a mesma arquitetura do *software* CES EduPack 2005 e inserir no menu o item Logística; a segunda, desenvolver o *software* do modelo computacional apresentado no capítulo quinto, Figuras 5.8 e 5.9.

Para a primeira proposta de solução, seria necessário realizar uma parceria com o pesquisador Michael Ashby e sua equipe, com o objetivo de utilizar a mesma arquitetura de informação do *software* e inserir o item Logística no menu. Nele estariam os dados para cada material, em relação a fornecedores, localização, tipo de transporte, preço do frete, tempo do ciclo de pedidos, quantidade mínima e máxima para compra e prazo de entrega. A ideia é incluir no item Logística a possibilidade de o usuário inserir restrições, forma utilizada no *software* CES EduPack 2005, quando se trabalha com o estágio Limites no processo de seleção. Nesse caso, o usuário alimentaria o sistema com dados, o que facilitaria o processo de seleção para o material desejado. Para Tempo e execução da proposta, esta seria a mais vantajosa, por apenas inserir um item na arquitetura de informação do *software*.

A segunda proposta demandaria mais tempo, pois seria preciso desenvolver o *software* do modelo computacional, Figura 5.8. Todavia, como já foi realizado o detalhamento do

software CES EduPack 2005 e há todas as informações necessárias, a etapa de planejamento do *software* seria reduzida, levando mais tempo a fase operacional, construção do programa.

Diante das proposta levantadas, nota-se que ambas possibilitam a inserção da variável Logística no processo de seleção de materiais metálicos e que contemplam a continuação do trabalho desenvolvido neste estudo.

Dessa forma, a partir da estruturação do estudo em três segmentos principais, foi possível responder à pergunta-problema, apresentada no capítulo primeiro: Como desenvolver um modelo seleção de materiais metálicos para empresas do setor minerometalúrgico aplicando a logística como diferencial no processo de seleção de materiais e fornecedores?

A resposta à questão-problema foi apresentada com o desenvolvimento do modelo, com o detalhamento do *software* CES EduPack 2005 e com a discussão de empresas sobre o processo de seleção utilizado. Assim, na Tabela VIII.1 estão listados os objetivos específicos e os respectivos capítulos que surgiram do resultado da ação desses objetivos.

Tabela VIII.1- Objetivos específicos e o resultado das suas ações

Objetivos Específicos	Resultado da ação do objetivo
Realizar um estudo teórico sobre os principais conceitos relacionados à Ciência dos Materiais, estrutura e propriedades de materiais metálicos, seleção de materiais, cadeia de suprimentos, logística, sistemas de informação gerencial, sistemas de informação logística.	Capítulo Terceiro
Definir a partir da fundamentação teórica, as variáveis e seus respectivos indicadores para elaboração do modelo teórico em forma de fluxograma.	Capítulo Quinto
Realizar a interrelação entre os indicadores, com o propósito de selecionar aqueles que contribuirão para a formação do modelo teórico.	Capítulo Quinto
Elaborar o fluxograma do modelo teórico a partir dos indicadores selecionados.	Capítulo Quinto
Transformar o modelo teórico em modelo computacional para verificar a sua aplicabilidade.	Capítulo Quinto
Apresentar o modelo de Ashby explícito no software CES Edu Pack 2005 e investigar se aspectos logísticos fazem parte dos critérios de seleção adotados pelo modelo.	Capítulo Sexto
Elaborar um instrumento de coleta de dados para aplicar nas empresas que fazem parte do escopo do estudo de caso.	Capítulo Quarto
Selecionar empresas do setor minerometalúrgico, com o objetivo de validar o modelo proposto.	Capítulo Quarto
Aplicar o instrumento de coleta de dados nas empresas selecionadas.	Capítulo Quarto
Analisar o processo de seleção de materiais utilizado pelas empresas e validar o modelo proposto.	Capítulo Sétimo

Diante das inúmeras vantagens da aplicação da logística como ferramenta à seleção, é viável a realização de novos estudos no sentido de desenvolver tanto novas ferramentas como metodologias, lembrando sempre da aplicabilidade destas no ambiente empresarial. Nesse sentido, são apresentadas no capítulo nono, recomendações para estudos futuros.

9. CONTRIBUIÇÕES ORIGINAIS AO CONHECIMENTO

- Desenvolvimento de uma fundamentação teórica relacionando Seleção de Materiais x Logística.
- Elaboração de um procedimento metodológico para relacionar indicadores na formação do fluxograma.
- Adaptação dos conceitos sobre rede de indicadores e da metodologia PERT para a inter-relação de indicadores e a seleção destes na elaboração do modelo.
- Utilização de fluxogramas para desenvolver o modelo teórico.
- Utilização de tecnologia da informação para transformar o modelo teórico em modelo computacional.
- Contribuição para a área de Engenharia dos Materiais, relacionando-a com os fundamentos da Administração com enfoque na logística. Este estudo é relevante na área de Engenharia dos Materiais, especificadamente no que concerne à Seleção de Materiais para projetos e processos de Engenharia, pois são poucos os trabalhos que incorporam o gerenciamento das decisões internas.

10. RELEVÂNCIA DOS RESULTADOS

Em se tratando da relevância dos resultados deste trabalho, observa-se que se inicia com a fundamentação teórica, passando pelos procedimentos metodológicos, até a perspectiva das empresas em relação à proposta do modelo.

No que tange à fundamentação teórica, mostra-se o ineditismo de adicionar o aspecto logístico à área de seleção de materiais, já que apenas os aspectos econômicos, políticos, sociais e ambientais são contemplados em outros trabalhos. Como poucos trabalhos na área de Engenharia dos Materiais propuseram uma interface com a área de Gestão, este trabalho é um dos precursores no Programa de Pós-Graduação em Engenharia dos Materiais - REDEMAT. Outro ponto relacionado à base teórica é a proposição, a partir dos modelos de Dieter e Ashby, de nova visão para a área de seleção de materiais, quando se faz uma interface com a área da logística.

Em relação à metodologia, é inovador o fato de se utilizar a adaptação dos conceitos de Rede de Indicadores e Rede PERT para relacionar indicadores das variáveis Seleção de Materiais e Logística com o objetivo de elaborar o modelo em forma de fluxograma. Para obter mais relevância do modelo elaborado em forma de fluxo, foi transformado o modelo teórico em computacional, verificada a possibilidade de transformar o modelo em *software*.

Para consolidar melhor o modelo teórico e computacional, verificou-se se as empresas consultadas apresentavam um modelo que contemplasse os dados logísticos integrados com os dados de seleção de materiais. O resultado mostra que não possuem esse sistema. Portanto se comprova a importância e relevância dos resultados deste estudo.

11. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Generalizar para o universo dos materiais de engenharia o estudo desenvolvido;
- Desenvolver o software do modelo proposto neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHBY, Michael. SHERCLIF, Hugh. CEBON, David. “Materials: Engineering Science Processing e Design”. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2007.

ASHBY, M.F. Materials Selection in Mechanical Design: New York, Pergamom Press, 1992.

ASSUNÇÃO, Rogério Braga. “Eco-Design e Seleção de Materiais para o Mobiliário Urbano”. Dissertação. REDEMAT – Rede Temática em Engenharia de Materiais; Ouro Preto: UFOP. 1999.

ANTONIALLI, Luiz Marcelo; BACHEGA, Stella Jacyszyn . Planejamento com PERT/CPM: um caso prático em uma pequena empresa rural que atua na produção e processamento de tilápias. 2004. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/12/02O126.pdf>>

BALLOU, Ronald H. “Logística Empresarial: Transportes, administração de materiais e distribuição física”. Tradução: Hugo T. Y. Yoshizaki. São Paulo: Atlas, 1993.

BALLOU, Ronald H. “Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial”. Tradução: Raul Rubbenich. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BASTOS, Cleverson. KELLER, Vicente. Iniciação à metodologia científica. 2 ed. Petrópolis: Vozes, 1991.

BATISTA, Emerson de Oliveira. “Sistemas de informação: o uso consciente da tecnologia para o gerenciamento”. São Paulo: Saraiva, 2004.

BENVENUTO, Sandra. “A logística integrada como vantagem competitiva: o caso de uma empresa do setor de mineração”. Dissertação. Ouro Preto, 2007.

BOGDAN, R. ; BIKLEN, S. Investigação Qualitativa em Educação : uma introdução a teoria e aos métodos. Porto: Editora Porto, 1994.

BORGES, Thiago Campos. “Implantação de um sistema de controle de estoque em uma gráfica editora: o caso da Coordenadoria de Imprensa e Editora da Universidade Federal de Ouro Preto”. Dissertação. Ouro Preto: 2009.

BOTELHO, Róber Dias. “Eco-Design e Seleção de Materiais como Ferramentas para “Transportation Design” – Estudo de Processos”. Dissertação. Ouro Preto, 2003.

BOWERSOX, Donald J., CLOSS, David J. “Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento”. São Paulo: Atlas, 2001.

BRADLEY, Peter. “Facing the Millennium. Logistics Management & Distribution Report”. v.37, 1998.

CALLISTER, William D. “Fundamentos da ciência e engenharia de materiais: uma abordagem integrada”. 2ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

CHOPRA, Sunil ; MEINDL, Peter – “Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Estratégia, Planejamento e operação”. São Paulo: Pearson, 2004.

CHRISTOPHER, Martin. “A logística do marketing”. São Paulo: Futura, 1999.

CORRÊA, Rinaldi da Silva, SACOMANO NETO, Mario. “A importância da escolha do método de custeio na gestão dos custos logísticos”. Apresentação de Trabalho/Seminário. 2006.

COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT. “Improving quality and productivity in Logistics”. Oak Book: IL. 2004.

CRANE, F.A.A. Selection and use of engineering Materials. 2ªedição; British Library; 1987.

DIETER, George F. ASM Handbook: Materials Selection and Design; ASM International Handbook, volume 20, 2001.

DIETER, George Ellwood. Engineering design: a materials and processing approach. 2nd ed. McGraw-Hill, 1991.

ETTORE, Bresciani Filho. Seleção de Materiais Metálicos. 3a ed. São Paulo: editora da UNICAMP, 1991.

FAYET, Eduardo Alves. “Sistemas logísticos integrados: um rol de critérios para análise”. Dissertação. UFSC. Florianópolis, 2003.

FAWCETT, Stanley E. STANLEY, Linda L., SMITH, Sheldon R. “Developing a Logistics Capability to Improve the Performance of International Operations”. *Journal of Business Logistics*, v.18, 1997.

FERRANTE, M. “Seleção de Materiais”. São Carlos: EDUFSCar, 1996. Ed.: Segunda 2002.

FLEURY, Paulo Fernando, WANKE, Peter, FIGUEIREDO, Kleber Fossati. “Logística empresarial: a perspectiva brasileira”. São Paulo: Atlas, 2000.

FREZATTI, F. “Orçamento empresarial: Planejamento e Controle Gerencial”. São Paulo: Atlas, 2000.

GARCIA, Elias, GARCIA, Osmarina Pedro. “A importância do sistema de informação gerencial para a gestão empresarial”. *Revista Ciências Sociais em Perspectiva*, v2, n1. Cascavel: 2003.

GLAZIER, Jack D. POWELL, Ronald R. “Qualitative research in information management”. Englewood, CO: Libraries Unlimited, 1992.

LEITE, Paulo Roberto. “Logística Reversa: Meio ambiente e competitividade”. São Paulo: Makron Books, 2003.

MACHADO, Márcio Cardoso; TOLEDO, Nilton Nunes. *Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos: uma abordagem baseada na criação de valor*: São Paulo, Atlas, 2008.

MARCONI, Marina de Andrade. LAKATOS, Eva Maria. “Metodologia do Trabalho Científico”. São Paulo: Atlas, 2001.

MARQUES, Rodrigo N. da Silva. “Uma Contribuição para o Estabelecimento de uma Modelagem de um Armazém de Dados como Base para um Sistema de Informação Gerencial Logístico Aplicada ao Transporte Aéreo”. Dissertação. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2007.

MARTINS, João Guerra. “Apostila de Materiais de Construção”. Universidade Fernando Pessoa. Porto: 2006.

MARTINS, Roberto Antônio. NETO, Pedro Luiz de Oliveira Costa. “ Indicadores de desempenho para a gestão pela qualidade total: uma proposta de sistematização”. Revista Gestão e Produção. Editora da UFSCar, v.5, 2000.

MUSCAT, A. R. N.. “Produtividade e Gestão da Produção: Administração da produtividade”. São Paulo: NPGCT-USP, 1987.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. “Sistema de Informação Gerencial: Estratégicas, táticas, operacionais”. São Paulo: Atlas, 2001.

PADILHA, Fernando Angelo. “Materiais de Engenharia: Microestrutura e Propriedades”. São Paulo: Hemus, 2007.

PAHL, Gerhard. B. Wolfgang. Projetos na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

PAIVA, Ely Laureano. “Estratégia de produção e de operações: conceitos, melhores práticas, visão de futuro”. Porto Alegre: Bookman, 2009.

REZENDE, Denis Alcides; ABREU, Aline França de. “Tecnologia da informação aplicada a sistemas de informação empresariais: o papel estratégico da informação e dos sistemas de informação nas empresas”. São Paulo: Atlas, 2000.

RICHARDSON, Roberto Jarry. “Pesquisa social: Métodos e Técnicas”. São Paulo: Atlas, 2008.

SANTOS, Rezende Gomes dos. “Transformações de fases em materiais metálicos”. Campinas/SP: Unicamp, 2006.

SCHAFRANSKI, L. E. “Jogos de Gestão da Produção: Desenvolvimento e Validação”. Tese de Doutorado. Florianópolis: UFSC, 2002.

TAYLOR, David A. “Logística na cadeia de suprimentos: uma perspectiva gerencial”. Tradução: Claudia Freire. São Paulo: Pearson, 2005.

TOMASI, R. BOTTA Filho, W. J. “Uma proposta para reformulação do currículo do curso de graduação em engenharia de Materiais”. Apresentação de Seminário. São Paulo: Associação Brasileira de Metais, 1991.

VAN VLACK, Lawrence Hall. “Princípios de ciências e tecnologia dos materiais”; Tradução: Edson Monteiro. Rio de Janeiro: Campus, 1984.

VAN VLACK, Lawrence Hall. “Princípios de ciências e tecnologia dos materiais”. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

VERGARA, Sylvia Constant. “Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração”. São Paulo: Atlas, 1997.

WALTER, Yuri. “O conteúdo da forma: subsídios para seleção de materiais e design”. Dissertação. Unesp, Bauru, 2006.

ATIVIDADES DESEMPENHADAS PELO AUTOR DURANTE O DOUTORADO

Trabalhos submetidos para publicação:

Desenvolvimento de modelo de seleção de materiais metálicos aplicando uma abordagem Logística – o caso de empresas do setor minero metalúrgico. REM – Revista Escola de Minas – 2011. Aceito para publicação em 21/11/2011.

Otimização do desgaste das coroas de perfuração de uma indústria de sondagem por meio da metodologia BSCEQ aplicada à seleção de materiais. REM – Revista Escola de Minas – 2011. Em avaliação.

Trabalhos apresentados em congressos:

Artigo Publicado no ENEGEP 2009: Estudo sobre a contribuição da ferramenta Balanced Scorecard (BSC) para uma empresa de pequeno porte do setor agrário.

Artigo Publicado no ENEGEP 2009: Sistema de Gestão da Qualidade: A implantação do SGQ sob a ótica da gestão de pessoas.

Artigo Publicado no ENEGEP 2009: Análise da aplicação do ciclo PDCA de melhoria no processo de produção do ferro gusa de uma usina siderúrgica.

Artigo Publicado COBENGE 2010 – XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia: Qualidade em serviços como metodologia para avaliação do ensino em engenharia de uma IES. Apresentação oral.

Artigo Publicado COBENGE 2010 – XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia: Gestão da Educação: estudo sobre a confiabilidade do processo de ajuste de matrícula de uma instituição de ensino superior federal utilizando o método FMEA (Failure Mode and Effect Analyse). Apresentação Oral.

Artigo publicado ENEGEP 2010 – XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção – A logística integrada como fonte de vantagem competitiva: o caso de uma empresa do setor de mineração.

Orientação de monografias (Graduação):

Mariana dos Santos Gonçalves Ferreira. Um estudo sobre a viabilidade de um estacionamento no centro histórico de Ouro Preto. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Thiago Lopes Guimarães. Um estudo sobre a elaboração de um plano de negócio na abertura de uma empresa reconcondicionadora de pneumáticos no sul de Minas Gerais. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Thiago Gurgel Rodrigues. Um estudo sobre os fatores que afetam o valor das ações de uma empresa brasileira do setor de petróleo e gás. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO)- Universidade Federal de Ouro Preto.

Daniel Silva Nilo Abranches. Um estudo sobre os sistemas de compras, suprimentos e distribuição de uma empresa atacadista do setor de alimentos. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Daniel Evaristo Hormidas. A interação entre a cadeia de abastecimento do processo de importação de matéria-prima como geração de vantagem competitiva: o caso de uma empresa do setor automobilístico. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) Universidade Federal de Ouro Preto.

Fabício Mariani Lucas dos Santos. Um estudo sobre o processo de planejamento e execução das operações de uma empresa de transporte rodoviário de passageiros baseado nos conceitos da logística. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Felipe Guimarães Duca. Um estudo sobre a metodologia de cálculo dos custos logísticos de uma empresa de transporte rodoviário de cargas. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Sebastião José dos Santos Junior. Processo de seleção de Fornecedores alternativos para peças de reposição e um estudo de caso na indústria de bens de consumo. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto. 2008.

Leonardo Pereira de Queiroz. ISO 9001/2000: análise da implantação de um sistema de gestão da qualidade, em uma indústria do setor têxtil.

Carolina Braga Pereira. Análise da aplicação do ciclo PDCA de melhoria no processo de produção do ferro gusa de uma empresa usina siderúrgica. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Gustavo Oliveira Gomes. Utilização de Indicadores de Desempenho para tomada de decisão – estudo de caso. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Henrique Barbosa Oliveira. Uma análise dos Benefícios da Implementação do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos a uma Instituição Hospitalar. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Fabiano Mendes Latini Gomes. Gestão de Projetos: a utilização do software Ms Project no auxílio a gestão da manutenção no período de entressafra de uma fábrica de açúcar. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Diego Ferreira Andrade. Um estudo sobre as características que uma transportadora rodoviária de cargas localizada no sul de Minas Gerais pode ter para se tornar um operador logístico. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Aline Silveira Vaz. Um estudo sobre a implementação de Tecnologias da Informação para gestão patrimonial de um órgão público. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Thiago Santiago da Silva. A influência do controle estatístico do processo de grafagem de carrocerias no setor de funilaria dentro do programa Seis Sigma: o caso de uma indústria automobilística situada em Betim – Minas Gerais. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Carolliny Moreira Miranda. A contribuição da Logística Lean para a Gestão de Estoques de Insumos em Processo: o caso de uma empresa de montagem de placas para notebook. 2009. ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Rodrigo Antunes Mota e Silva. U estudo sobre o procedimento adotado na análise das ações de uma empresa do setor de cosméticos usando o método dos múltiplos relativos. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Lucas Bicalho Barbosa. Gestão da Manutenção: Diagnóstico do Planejamento da Manutenção para Laboratórios de uma Unidade de uma Instituição de Ensino Superior. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Mariana Patrício Coelho. Contribuições das análises fundamentalista e técnica na determinação da viabilidade de se investir no mercado de ações: o caso de uma empresa do

setor de mineração. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

André Tolentino Silva. Elaboração de um sistema de informações logísticas para o processo de seleção de materiais metálicos: o caso de empresas do setor minero metalúrgico. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Paolla Pertence Reis. Análise dos critérios de relacionamento com fornecedores a partir da matriz de posicionamento estratégico de materiais de uma empresa do setor de mineração: um estudo de caso. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Pedro Saint Clair Garcia. Um estudo sobre as contribuições da área de gestão para os alunos de metalurgia oferecidos por uma entidade de base. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA METALÚRGICA E DE MATERIAIS) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Mônica Aparecida Domingues. O diagnóstico do distrito de Santo Antônio do Leite em Ouro Preto- MG, com o propósito de evidenciar desenvolvimento sustentável a partir do turismo. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em TURISMO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientação em trabalhos de conclusão de curso (Pós-Graduação):

José da Silva Gomes. Um estudo sobre a comunicação organizacional como ferramenta de análise para o atendimento oferecido pela área de pagamento e benefícios da Universidade Federal da Paraíba. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós -Graduação em Gestão Pública) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Márcia Maria Barbosa da Silva. Um estudo sobre o sistema de terceirização utilizado pela Prefeitura Universitária na área de manutenção predial da universidade Federal de Ouro Preto. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós -Graduação em Gestão Pública) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Marcilio Luiz Bretas. Um estudo sobre o sistema de gerenciamento do almoxarifado de uma instituição pública na ótica da administração de materiais. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós -Graduação em Gestão Pública) - Universidade Federal de Ouro Preto.

José Milton Natividade. Diagnóstico da situação gerencial do setor de transportes da Universidade Federal de Ouro Preto. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós -Graduação em Gestão Pública) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Sônia de Fátima Passos. Um estudo sobre as normas internas que regulamentam o processo de estágio probatório/estabilidade dos servidores docente e técnico-administrativo em educação da UFOP utilizando a engenharia de métodos como suporte para análise.

Orientação de outra natureza:

Atividade Complementar: Orientação dos Alunos Rodrigo Antunes Mota e Silva (Matrícula: 06.1.1155) e Débora Regina de São José (Matrícula: 08.1.1264) na área de Administração Financeira. 2009.

Consultoria realizada para empresas vinculadas a Incultec a pedido do Departamento de Engenharia de produção. Orientação da elaboração do plano financeiro com o propósito de incubar 5 empresas na Incultec.

Participação em bancas de Graduação:

Rogério Moreira Alves. Estudo da aplicação do FMEA nos projetos de uma empresa de instalações de britagem de agregados para a construção civil. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Ricardo Gonçalves Alves. Análise da estratégia de picking de uma empresa do setor de produção e distribuição de bebidas: um estudo de caso. 2008.

Flávio Amora de Albuquerque. Implantação do sistema de gestão da qualidade visando a certificação NBR ISO 9001/2000: o caso de uma empresa de mineração de grande porte. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Guilherme Castro Ferreira. Problemas de p-medianas capacitado: uma abordagem pelas metaheurísticas simulated annealing e iterated search. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Tássia Dutra Lagôas. O planejamento estratégico como ferramenta de auxílio na decisão de se integrar verticalmente uma central de esterilização: o caso de uma indústria de produtos médicos e hospitalares de Minas Gerais. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Henrique Collet Faria. Controle Estatístico da Qualidade: um estudo sobre a capacidade de processo dos fornecedores de telas do peneiramento primário de uma empresa mineradora. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Luiz Cláudio Nazaré de Mendonça Procópio. Elaboração do Manual de Boas Práticas de Fabricação (BPF) e execução de sua fase inicial de implementação numa indústria produtora de ingredientes para alimentação animal. 2008.

Paula Fernandes de Oliveira Costa. Reciclagem como alternativa sustentável para o tratamento dos rejeitos da construção civil e da mineração de agregados. 2008. Rogério Moreira Alves. Estudo da aplicação do FMEA nos projetos de uma empresa de instalações de britagem de agregados para a construção civil. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Giuliano Cosin de Oliveira. A utilização do sistema ERP- Vantagens e Desvantagens. 2008. Rogério Moreira Alves. Estudo da aplicação do FMEA nos projetos de uma empresa de instalações de britagem de agregados para a construção civil. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Edimar Marcon. Análise das principais técnicas de previsão de demanda: o caso de uma empresa do setor agroindustrial. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Paula Mara Ribeiro Maia. Gerenciamento e controle de estoques de insumos: o caso de uma empresa do setor de mineração. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Talita Martins Dias da Silva. Aspectos relevantes que devem ser considerados no desenvolvimento de um plano de negócios: o caso de uma empresa do setor de eventos. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Rafael Teixeira Lopes Silva. A simulação computacional na identificação dos princípios da teoria das restrições : o caso de uma empresa de ferro-ligas. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Samuel Sena de Oliveira. Redes complexas: desvendando as conexões existentes entre os atores turísticos da cidade de ouro preto. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Felipe Muniz Toledo. Gestão da Qualidade – um estudo sobre a aplicação de ferramentas de qualidade e planejamento e controle da produção. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Mariana Mansur Ferrari. Análise da importância da implementação de uma central de distribuição em Ouro Preto –MG como medida de preservação do seu patrimônio. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Bruno Alves Trajano. Aplicação do cálculo do lote econômico de produção: estudo de caso em uma empresa do ramo siderúrgico. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto

Luciene de Fátima Guerra. Estudos dos aspectos relacionados à gestão de pessoas que contribuem para implantação do sistema de gestão da qualidade em um projeto de mineração. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Paulo Cesar de Biasi Vantini. Roteamento de veículos com frota homogênea: uma abordagem heurística. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Marcelo Coelho Velazquez. Benchmarking Logístico: construção de um referencial de comparação de operações logísticas. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Cristina Silva Okano. Um estudo sobre a contribuição da ferramenta balanced scorecard (BSC) para uma empresa de pequeno porte do setor agrário. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Leandro Lemos e Lemos. Um estudo sobre os efeitos que o ruído pode causar aos trabalhadores de uma marcenaria. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Gustavo Oliveira Gomes. Utilização de indicadores de desempenho para tomada de decisão- estudo de caso. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Carolina Braga Pereira. Análise da aplicação do ciclo PDCA de melhoria no processo de produção do ferro gusa de uma usina siderúrgica. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Julio Cesar da Rocha Queiroz. A gestão da qualidade sob a ótica dos princípios do controle de qualidade total: estudo sobre a aplicação das ferramentas da qualidade no gerenciamento de uma organização do setor de mineração situada em Minas Gerais. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Christiane Gurgel Rodrigues. Um estudo sobre a gestão estratégica e a aplicação da ferramenta Balanced Scorecard no departamento de Engenharia de Manutenção de uma empresa do setor siderúrgico situado em Minas Gerais. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Thiago Campos Borges. Implantação de um sistema de controle de estoque em uma gráfica editora: o caso da coordenadoria de imprensa e editora da Universidade Federal de Ouro Preto – CIED/UFOP. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Ricardo Faria Lopes de Campos Melo. Um estudo sobre a qualidade do serviço oferecido por um curso de uma instituição pública de ensino superior. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Frederico Augusto Barbosa Silva. Utilização do MASP agregado à Filosofia Kaizen: um estudo de caso em uma siderúrgica. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Hugo de Carvalho Silveira. Elaboração de um plano de negócios: um estudo de caso aplicado a uma empresa de eletrônica orgânica. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Elis Emanuele de Souza Oliveira. Aplicação de ferramentas de controle de qualidade como auxílio no tratamento e redução de perdas: estudo de caso em processo de tratamento de minérios de uma unidade industrial situada em Minas Gerais. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Lucas Evangelista Moreira. Controle de Qualidade: aplicação nas fases das boas práticas de fabricação (BPF) numa indústria produtora de suplementos minerais para ração animal. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Romeu Borges Amora. Siderurgia Chinesa: trajetória recente e inovação. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - Universidade Federal de Ouro Preto.

Palestras Proferidas:

A engenharia de Produção: o curso. 2008 – UEMG/FUNEDI – Semana de Engenharia de Produção.

A administração financeira: uma abordagem para o turismo. Palestra na Semana de Estudos do curso de Turismo da UFOP. Ano 2010.

A administração financeira: uma abordagem contemporânea. Mini- curso na III Semana de Estudos do curso de Administração da UFOP. Ano 2010.

Atividades Administrativas:

Representante do Departamento de Engenharia de Produção no colegiado de Museologia.

Membro do Colegiado Especial do curso de Administração.

Realização e elaboração de Prova para o concurso público para o cargo de Administrador do quadro de pessoal efetivo da Universidade Federal de Ouro Preto.

Membro da Comissão encarregada da condução do processo de consulta eleitoral para chefia do Departamento de Engenharia de Produção.

Capacitação de Técnicos Administrativos (2010) (Ação de Extensão: vinculado ao Programa de Capacitação da CGP)

Solicitação da Coordenadoria de Gestão de Pessoas/ PROAD para a realização de dois cursos para os funcionários da UFOP.

Curso: Relações Interpessoais e qualidade no trabalho. Duração: 24 horas

Curso: Gerenciamento de Projetos. Duração: 20 horas.

Produção Acadêmica:

Desenvolvimento de Material didático – Fascículo Comunicação Organizacional.

Desenvolvimento de Material didático – Fascículo Gerência da Informação, 2009.

Desenvolvimento de Material didático – Fascículo Contabilidade, 2009.

Desenvolvimento de Material didático – Fascículo Orçamento Público, 2010.

Projeto Pro-ativa, 2008 e 2009 – Proposta de inclusão da comunicação organizacional e interpessoal nas grades curriculares dos cursos da Escola de Minas.

Projeto Pro-ativa, 2008 e 2009 – Aspectos da qualidade no ensino oferecido pela Escola de Minas.

Projeto Pro-ativa, 2008 e 2009 – Proposta de melhoria do processo de Ajuste de matrícula.

Projeto Pro-ativa 2010 – MASP aplicado ao ciclo básico dos cursos de Engenharia da Escola de Minas.

ANEXOS

Anexo 1 - Questionário aplicado nas empresas

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

REDEMAT- REDE TEMÁTICA EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

DOUTORANDO: WASHINGTON LUIS VIEIRA DA SILVA

ORIENTADOR: PROF. DR. ADILSON R. COSTA

QUESTIONÁRIO

OBS 1: O NOME DA EMPRESA E DO ENTREVISTADO NÃO SERÃO APRESENTADOS NA DISCUSSÃO DOS DADOS. SERÃO IDENTIFICADOS POR EMPRESA “A” E ENTREVISTADO DA EMPRESA “A”.

OBS 2: O OBJETIVO DESTES QUESTIONÁRIO É VERIFICAR AS PRINCIPAIS INFORMAÇÕES QUE ESTÃO RELACIONADAS AO PROCESSO DE SELEÇÃO DE MATERIAIS METÁLICOS E SEUS RESPECTIVOS FORNECEDORES ADOTADOS PELA EMPRESA.

OBS 3: O MODELO ELABORADO POR ESTE TRABALHO RELACIONA AS CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL METÁLICO COM OS ASPECTOS LOGÍSTICOS PARA MELHOR REALIZAR O PROCESSO DE SELEÇÃO DO MATERIAL E DO SEU RESPECTIVO FORNECEDOR, FACILITANDO ASSIM, A TOMADA DE DECISÃO NO PROCESSO DE SELEÇÃO DE MATERIAIS METÁLICOS.

Data: ____ / ____ / ____

Vida Útil										
Outras										
PROPRIEDADES SOLICITADAS NA COMPRA										
	A		B		C		D		E	
	X	Especif.	X	Especif.	X	Especif.	X	Especif.	X	Especif.
Aspecto e Textura										
Cor										
Brilho										
Densidade										
Resistência a tração										
Resistência a compressão										
Resistência a corrosão										
Resistência ao impacto										
Resistência ao desgaste										
Módulo de Elasticidade										
Deformação Plástica										
Dureza										
Outros										

Outros

3. Indique os procedimentos utilizados pela empresa para a seleção dos materiais metálicos e seus respectivos fornecedores.

Análise de especificação técnica: () Sim Não () Como é realizada?: _____

Teste laboratorial: () Sim Não () Como é realizado?: _____

Teste industrial: () Sim Não () Como é realizado?: _____

 Normas ISO: () Sim Não () Comentário: _____

 Avaliação Comercial: () Sim Não () Como é realizada?: _____

 Avaliação Logística: () Sim Não () Como é realizada?: _____

Comentário:

4. Marque os indicadores logísticos que são considerados no processo de seleção de materiais metálicos.

Localização do Fornecedor		
Preço do frete		
Prazo de entrega		
Tempo de ciclo do pedido		
Quantidade mínima para compra		
Quantidade máxima para compra		Quais?
Tipo de transporte		
Outros		

5. Fornecedores de materiais metálicos já apresentaram algum catálogo com informações das características do material juntamente com suas informações logísticas?

() Sim Não ()

6. A empresa possui algum sistema de informação gerencial que seleciona seus materiais metálicos com seus respectivos fornecedores, a partir de aspectos logísticos?

() Sim Não ()

7. Qual a sua opinião sobre a contribuição de um sistema de seleção de materiais que possibilita a seleção do material e do seu respectivo fornecedor, a partir da interface entre informações específicas do material e informações logísticas?

Anexo 1 – Ficha de identificação do respondente

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DO RESPONDENTE

OBS 1: O NOME DA EMPRESA E DO ENTREVISTADO NÃO SERÃO APRESENTADOS NA DISCUSSÃO DOS DADOS. SERÃO IDENTIFICADOS POR EMPRESA “A” E ENTREVISTADO DA EMPRESA “A”.

Nome: _____

Formação Educacional: Segundo grau ()
Técnico de nível médio () _____
Nível superior () _____

Empresa onde trabalha: _____

Tempo de atuação na empresa: ____ anos

Ramo de atuação da empresa:_____

Departamento: _____

Cargo: _____

Resumo da experiência profissional:

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.